نموذج ترخيص

أنا الطالب : طالب حمدالله عليان المصاروه أمنح الجامعة الأردنيـة و / أو من تفوضه ترخيصاً غير حصري دون مقابل بنشر و / أو استعمال و / أو استغلال و / أو ترجمة و / أو تصوير و / أو إعادة انتاج بأي طريقة كانت سواء ورقية و / أو الكترونية أو غير ذلك رسالة الماجستير / الدكتوراه المقدمة من قبلي وعنوانها .

تقييم الموارد المائية وآثارها على البيئة في حوض وادي الحسا باستخدام نظام المعلومات الجغرافي

وذلك لغايات البحث العلمي و / أو التبادل مع المؤسسات التعليمية والجامعات و / أو لأي غاية أخرى تراها الجامعة الأردنية مناسبة ، وأمنح الجامعة الحق بالترخيص للغير بجميع أو بعض ما رخصته لها .

اسم الطالب : طالب حمدالله عليان المصاروه

التوقيـع :

التاريـخ : ٢٣/٨/٢٠١٥م

تقييم الموارد المائية وآثارها على البيئة في حوض وادي الحسا باستخدام نظام المعلومات الجغرافي

إعداد
طالب حمدالله المصاروه

المشرف الرئيس
الأستاذ الدكتور حسن أبو سمور

المشرف المشارك
الأستاذ الدكتور سميح عودة

قدمت هذه الأطروحة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الدكتوراه في الجغرافيا

كلية الدراسات العليا
الجامعة الأردنية

آب، 2015

قرار لجنة المناقشة

نوقشت هذه الاطروحة (تقييم الموارد المائية وآثارها على البيئة في حوض وادي الحسا باستخدام نظام المعلومات الجغرافي) وأجيزت بتاريخ ٢٠١٥/٨/٦.

أعضاء لجنة المناقشة	التوقيع
الدكتور حسن يوسف أبو سمور ، مشرفاً رئيساً أستاذ – الجغرافيا الحيوية	....
الدكتور سميح عودة، مشرفاً مشارك أستاذ – الخرائط ونظام المعلومات الجغرافي	....
الدكتور علي أحمد غانم ، عضواً أستاذ – المناخ	....
الدكتور حسام هشام البلبيسي، عضواً أستاذ مشارك– الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي	....
الدكتور محمد أحمد بني دومي ، عضواً أستاذ – المناخ (جامعة اليرموك)	....

تعتمد كلية الدراسات العليا
هذه النسخة من الرسالة
التوقيع .... التاريخ 2015/8/23

الإهداء

إلى والدي العزيز الكريم الذي أستمدُّ منه الثقة بالنفس في مواجهة المواقف الصعبة، أطال الله في عمره .

إلى والدتي الطيبة الحنونة التي ساعدتني على التفكير الإيجابي، وقوة الحماس والإخلاص والصدق والمحبة.

إلى أصدقائي وزملائي.

إليهم جميعاً أهدي ثمرة جهدي، وأسأل الله أن ينفع به وأن يجعله في موازين أعمالنا.

طالب حمدالله المصاروه

الشكر والتقدير

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله، وعلى آله وصحبه ومن اهتدى بهداه، الحمد والشكر لله سبحانه وتعالى الذي أعانني على إتمام هذه الأطروحة، ومن ثم أتوجه بالشكر الجزيل وعظيم الامتنان لأساتذتي الأفاضل الأستاذ الدكتور حسن أبو سمور والأستاذ الدكتور سميح عودة لإشرافهما على هذه الأطروحة، وعلى توجيهاتهما المستمرة، وملاحظاتهما القيّمة التي كان لها الأثر الكبير في إخراجها بهذه الصورة، فإنني لن أستطيع إيفاء حقهما من الشكر والتقدير والامتنان؛ راجياً الله تعالى أن يجزيهما خير جزاء .

وكما أتقدم بالشكر والتقدير للأساتذة الأفاضل رئيس وأعضاء لجنة المناقشة على تفضّلهم بقبول مناقشة هذه الأطروحة، وعلى ملاحظاتهم القيّمة التي ساهمت في أثراء هذه الأطروحة .

وختاماً، فإنّ الباحث – يقدم عظيم الشكر لكل من الأستاذ الدكتور ركاد الطعاني من جامعة البلقاء التطبيقية، والأستاذ محمد كراجغلي من وزارة المياه والري لما قدموه من مساعدة – وإن الباحث ليرجو الله أن تكون هذه الأطروحة في مستوى تلك المساعدة.

والله ولي التوفيق

طالب حمدالله المصاروه

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
قرار لجنة المناقشة	ب
الإهداء	ج
الشكر والتقدير	د
فهرس المحتويات	هـ
قائمة الجداول	و
قائمة الأشكال	ي
قائمة الملاحق	م
الملخص باللغة العربية	ن
الفصل الأول	**1**
1.1 المقدمة	1
2.1 مشكلة الدراسة	2
3.1 أهمية الدراسة ومبرراتها	3
4.1 فرضيات الدراسة	3
5.1 أهداف الدراسة	3
6.1 الدراسات السابقة	4
7.1 منهجية الدراسة	8
1.7.1 أسلوب الدراسة	8
الفصل الثاني: السمات الطبيعية لحوض وادي الحسا	**19**
1.2 موقع منطقة الدراسة	19
2.2 التكوين الجيولوجي لحوض وادي الحسا	20
1.2.2 الطبقات الجيولوجية لحوض وادي الحسا	22
2.2.2 الجيولوجيا التركيبية لحوض وادي الحسا	28
3.2 الظروف المناخية لحوض وادي الحسا	32
1.3.2 العناصر المكونة لمناخ حوض وادي الحسا	33
2.3.2 التصنيف المناخي لحوض وادي الحسا	40
3.3.2 هيدرولوجية حوض وادي الحسا	42

	الموضوع
44	4.2 التربة في حوض وادي الحسا
55	5.2 الغطاء النباتي في حوض وادي الحسا
60	**الفصل الثالث:**
60	1.3 جيومورفولوجية حوض وادي الحسا
65	2.3 طبوغرافية حوض وادي الحسا
71	3.3 الخصائص المورفومترية في حوض وادي الحسا
72	1.3.3 الخصائص المساحية والشكلية لحوض وادي الحسا
75	2.3.3 الخصائص التضاريسية لحوض وادي الحسا
78	3.3.3 الشبكة المائية لحوض وادي الحسا
82	4.3.3 نمط الشبكة المائية لحوض وادي الحسا
86	**الفصل الرابع: الموارد المائية في حوض وادي الحسا**
86	1.4 موار المياه السطحية في حوض وادي الحسا
87	1.1.4 الأمطار في حوض وادي الحسا
106	2.1.4 مصادر الجريان السطحي في حوض وادي الحسا
119	3.1.4 ينابيع حوض وادي الحسا
125	4.1.4 الموازنة المائية في حوض وادي الحسا
139	5.1.4 مواقع السدود المقترحة في منطقة الدراسة
146	6.1.4 نوعية المياه
154	**الفصل الخامس : ادرة الموارد المائية في حوض وادي الحسا**
154	1.5 استثمار واستغلال المياه في حوض وادي الحسا
154	1.1.5 المشاريع المائية في حوض وادي الحسا
158	2.1.5 آبار المياه الجوفية
162	3.1.5 استخدامات المياه للأغراض المنزلية
165	4.1.4 استخدامات المياه للأغراض الزراعية
168	**الفصل السادس : الآثار البيئية الناجمة عن تطوير الموارد المائية**
168	1.6 الآثار البيئية
168	1.1.6 تملح التربة

الصفحة	الموضوع
170	2.1.6 انجراف التربة في حوض وادي الحسا
180	3.1.6 التغيرات في الغطاء الأرضي
187	**الفصل السابع :**
187	1.7 النتائج
191	2.7 التوصيات
192	المراجع
206	الملاحق
212	الملخص باللغة الانجليزية

قائمة الجداول

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
.1	نفاذية الحوض	31
.2	محطات الرصد وإحداثياتها وارتفاع المحطات المستخدمة في الدراسة	33
.3	الخصائص المناخية العامّة للمحطّات المناخيّة الممثّلة للحوض	34
.4	درجات الحرارة الصغرى والعظمى ومعدل درجات الحرارة في حوض وادي الحسا	35
.5	الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة	37
.6	معدلات الأمطار الساقطة (ملم) ودرجات الحرارة ($م^0$)	39
.7	كمية التبخر – النتح الحقيقي في حوض وادي الحسا	39
.8	نتائج التحليل المخبري لعينات التربة في الحوض	49
.9	المعامل الهبسومتري	77
.10	نسب التشعب النهري في حوض وادي الحسا	80
.11	الخصائص القياسية للأحواض الفرعية	83
.12	الخصائص المساحية والشكلية للأحواض الفرعية	84
.13	الخصائص التضاريسية للأحواض الفرعية	85
.14	خصائص الشبكة المائية للأحواض الفرعية	85
.15	المحطات المطرية في حوض وادي الحسا	87
.16	معدل الأمطار في المحطات الموجودة في الحوض ومعدل الأمطار على كامل الحوض	90
.17	حجم الأمطار الكلي على المحطات المطرية للفترة ما بين 1980-2010	91
.18	السنوات المطيرة والسنوات الجافة في حوض وادي الحسا	93
.19	الأمطار الساقطة الشهرية في محطة الحسا للفترة 1980-2010	95
.20	الأمطار الساقطة الشهرية في محطة جرف الدراويش للفترة 1980-2010/ملم/السنة	96
.21	الأمطار الساقطة الشهرية في محطة مشتل الأمير حسن (عابور) للفترة 1980- 2010/ملم/السنة	97
.22	الأمطار الساقطة الشهرية في محطة المزار للفترة 1980- 2010/ملم/السنة	98

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
.23	الانحراف المعياري ومعامل الاختلاف للأمطار الشهرية للمحطات المطرية في حوض الحسا	99
.24	الأمطار الفصلية	99
.25	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الحسا/ الفوسفات ملم / الساعة	102
.26	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الحسا/ التنور ملم / الساعة	102
.27	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة عابور ملم / الساعة	102
.28	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة المزار ملم / الساعة	103
.29	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الطفيلة ملم / الساعة	103
.30	المعدل السنوي للجريان السطحي والمعامل الهيدروليجي	107
.31	كمية جريان الأساس السنوي لوادي الحسا / التنور خلال الفترة الواقعة بين 1980-2010 م/ م.م^3	109
.32	كمية تصريف جريان الأساس لوادي الحسا / غور الصافي خلال الفترة ما بين 1980-2010 م / م.م^3	110
.33	معدل التصريف الشهري لجريان الأساس في وادي الحسا / التنور للفترة 1980-2010 م. م.م^3	111
.34	تحليل التكرار والاحتمالية لكميات الفيضانات السنوية في حوض وادي الحسا /غور الصافي م م^3/ السنة	115
.35	حجم الفيضانات المحتملة م^3/ الثانية	116
.36	كمية الأمطار وحجوم الفيضانات السنوية في حوض وادي الحسا للفترة (1980-2010) ومعامل الفيضان	117
.37	كميات الفيضانات لوادي الحسا / التنور م م^3/ السنة	118
.38	تصريف الينابيع السنوي في حوض وادي الحسا للفترة (1995- 2010)	121

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
.39	تصريف ومعدل التصريف للينابيع في حوض وادي الحسا	123
.40	عناصر الموازنة المائية في محطة المزار	126
.41	عناصر الموازنة المائية في محطة عابور	127
.42	عناصر الموازنة المائية في محطة جرف الدراويش	128
.43	عناصر الموازنة المائية في محطة الحسا	129
.44	السعة الحقلية لمحطات حوض وادي الحسا	131
.45	رطوبة التربة والتغير في رطوبة التربة لمحطات حوض وادي الحسا	133
.46	زمن وصول المياه الجارية للحوض م/ الساعة وأقصى معدل جريان/م/الثانية	142
.47	نتائج التحليل الكيميائي للمياه في حوض الحسا	148
.48	المواصفات الأردنية لعام 1988م للمحتوى الكيميائي للمياه	149
.49	تصنيف عسرة المياه بناءً على التصنيف الأمريكي	150
.50	تصنيف المياه في حوض الحسا بناء على عسورتها	151
.51	التصنيف العالمي لمياه الري على أساس نسبة الـ SAR	152
.52	تصنيف مياه ينابيع حوض وادي الحسا والمياه الجارية على أساس نسبة امتصاص الصوديوم	152
.53	تصنيف مياه الري في حوض وادي الحسا على أساس نسبة الصوديوم	153
.54	التصنيف العالمي لمياه الري على أساس نسبة الصوديوم	153
.55	كمية الطلب على المياه والنقص م. م^3 للفترة 1990م-2005م	154
.56	المخزون المائي وكمية المياه المسحوبة من سد التنور م^3/ السنة	156

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
.57	كمية المياه الداخلة إلى سد التنور م م^3/الشهر	156
.58	كمية المياه المسحوبة من سد التنور م م^3/ الشهر	157
.59	كميات الإنتاج والتزويد م^3/ السنة لعام 2012	159
.60	الآبار المخصصة للمواشي لعام 2011م	160
.61	الآبار المخصصة للشرب لعام 2010م	161
.62	الإنتاج السنوي للمشاريع المائية والمحطات المائية بالمتر المكعب لعام 2013 / شهرياً	162
.63	التعدادات السكانية للتجمعات البشرية داخل الحوض منذ 1979-2012	163
.64	استهلاك المياه للأغراض المنزلية والشرب في حوض الحسا لعام 2009	164
.65	المساحات الزراعية في حوض الحسا بالدونم لعام 2009م	166
.66	كمية المياه المتاحة وطرق استعمالها لحوض وادي الحسا	167
.67	مساحات الحوض المتأثّرة بالملوحة	168
.68	تصنيف التربة حسب الملوحة تبعاً لتصنيف الملوحة الأمريكي (1954)	169
.69	أصناف انجراف التربة في حوض وادي الحسا بناءً على نموذج RUSLE	179
.70	نتائج تحليل المرئيات الفضائية للغطاء الأرضي للفترة (1953 – 2010) في حوض وادي الحسا	181

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
.1	موقع منطقة الدراسة	20
.2	التكوينات الجيولوجية	21
.3	التركيب الجيولوجي	30
.4	توزيع المحطات	33
.5	خطوط تساوي درجات الحرارة	35
.6	المعدل الشهري لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى والمعدل العام لمحطة الحسا	36
.7	المعدل الشهري لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى والمعدل العام لمحطة غور الصافي	36
.8	المعدل الشهري لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى والمعدل العام لمحطة عابور	36
.9	كمية التبخر – النتح الحقيقي	40
.10	نسبة المواد العضوية	45
.11	نسبة كربونات الكالسيوم	46
.12	نظام الرطوبة	46
.13	نفاذية التربة	47
.14	توفر المياه في التربة	47
.15	درجة الحموضة (PH)	48
.16	توزيع عينات التربة والينابيع	49
.17	تصنيف التربة بناء على نسيجها	51
.18	الأشكال الجيومورفولوجية في الحوض	60
.19	الارتفاعات الأرضية (DEM)	67
.20	طبوغرافية حوض وادي الحسا	68
.21	مناسيب الارتفاعات الأرضية في الحوض	68
.22	قيم الارتفاعات الارضية في الحوض	69

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
.23	درجات الانحدار	70
.24	اتجاهات الانحدار	70
.25	الارتفاعات الأرضية	71
.26	المعامل الهبسومتري	78
.27	الشبكة المائية	79
.28	المراتب النهرية	81
.29	الأحواض الفرعية	84
.30	العلاقة بين محطة أمطار المزار وجرف الدراويش	89
.31	العلاقة بين محطة أمطار الحسا وعابور	89
.32	العلاقة بين محطة أمطار المزار وعابور	89
.33	التوزيع المساحي للأمطار(ثيسن)	92
.34	خطوط تساوي الأمطار	94
.35	حجم الأمطار في فصل الخريف في حوض وادي الحسا	100
.36	حجم الأمطار في فصل الشتاء في حوض وادي الحسا	100
.37	حجم الأمطار في فصل الربيع في حوض وادي الحسا	100
.38	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في الحسا / الفوسفات	103
.39	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في الحسا / التنور	104
.40	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في عابور	104
.41	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في المزار	105
.42	شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في الطفيلة	105
.43	علاقة الأمطار وتصريف جريان الأساس الشهري في وادي الحسا/ غور الصافي	112
.44	علاقة الأمطار وتصريف جريان الأساس الشهري في وادي الحسا/ التنور	113
.45	التحليل التكراري لكميات التصريف المائي	115
.46	العلاقة بين حجم الأمطار وحجم الفيضانات السنوي	118
.47	توزيع الينابيع	128

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
.48	السعة الحقلية في حوض وادي الحسا	132
.49	الموازنة المائية في محطة المزار	137
.50	الموازنة المائية في محطة عابور	137
.51	الموازنة المائية في محطة جرف الدراويش	138
.52	الموازنة المائية في محطة الحسا	138
.53	توزيع الأودية الرئيسة في حوض وادي الحسا	141
.54	اتجاه الجريان والتمثيل الرقمي للاتجاهات	143
.55	تراكم الجريان في حوض وادي الحسا	143
.56	الأحواض الرئيسة في حوض وادي الحسا	144
.57	المواقع المقترحة لأنشاء السدود	146
.58	توزيع الآبار في حوض وادي الحسا	159
.59	مقدار التدني في إنتاج الآبار في حوض الحسا	160
.60	مقدار التدني في إنتاج الآبار المخصصة للمواشي والصهاريج في حوض الحسا	161
.61	التجمعات السكانية في حوض وادي الحسا	165
.62	درجة الملوحة في حوض وادي الحسا	169
.63	عامل تعرية المطر	172
.64	عامل قابلية التربة للتعرية	174
.65	عامل الطبوغرافيا	176
.66	عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية	178
.67	أنواع انجراف التربة في حوض وادي الحسا	180
.68	مساحات الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا	182
.69	النسبة المئوية في التغير في الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا 1953-2010	182
.70	استخدامات الأراضي في حوض وادي الحسا لعام 1953	184
.71	استخدامات الأراضي في حوض وادي الحسا لعام 1984	184

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
.72	استخدامات الأراضي في حوض وادي الحسا لعام 2010	185
.73	الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا لعام 1953	185
.74	الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا لعام 1984	186
.75	الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا لعام 2010	186

قائمة الملاحق

رمز الملحق	عنوان الملحق	الصفحة
أ	صور للنباتات الطبيعية في منطقة الدراسة	207
ب	الأحواض الفرعية لحوض وادي الحسا	208
ج	السدود المائية المقامة على الحوض	209
د	أصناف التربة المستخدمة في تقدير انجراف التربة	210
هـ	صور لانجراف التربة في حوض وادي الحسا	211

تقييم الموارد المائية في حوض وادي الحسا وآثارها على البيئة باستخدام تطبيقات نظام المعلومات الجغرافي

اعداد

طالب حمدالله المصاروه

المشرف

الاستاذ الدكتور حسن يوسف أبو سمور

المشرف المشارك

الاستاذ الدكتور سميح عودة

الملخص

تناولت هذه الدراسة الموارد المائيّة لحوض يسوده الجفاف من خلال دراسة كميات الأمطار والجريان السطحي وتصريف الينابيع، وتقدير الموازنة المائيّة، كما أجريت التحاليل الكيميائيّة لعينات من مياه ينابيع حوض وادي الحسا، للتعرّف على مدى كفايتها وملائمتها للسكان في منطقة الدراسة، إضافة لذلك ركّزت الدراسة على الآثار البيئيّة الناجمة عن تطوير الموارد المائيّة، حيث ألقت الضوء على ثلاثة من الآثار البيئيّة وهي الملوحة، وانجراف التربة، والتغيرات في الغطاء الأرضي .

واعتمدت هذه الدراسة على نظام المعلومات الجغرافيّة، لإنتاج الخرائط اللازمة لهذه الدراسة، وتحديد مواقع الحصاد المائي، ومراقبة التغيرات الحاصلة في الغطاء الأرضي، كما تم تحليل البيانات المناخيّة والفيضانات للفترة الممتدة ما بين 1980- 2010 م، واستخدم نموذج ثورنثويت لتقدير الموازنة المائيّة والتعرّف على مناطق الفائض والعجز في الحوض. واعتمدت الدراسة على الفحوصات الميدانيّة لعينات من التربة، واستخدامها في تقدير انجراف التربة، باستخدام معادلة تقدير فقدان التربة Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)

وتوصّلت الدراسة إلى أنّ معدل حجم الأمطار الساقطة على الحوض خلال فترة التسجيل حوالي (274.22 م.م^3/ السنة) ولوحظ تذبذب في الأمطار السنوية واختلافها من شهر لآخر .

وبلغ حجم الفيضانات حوالي (12.6 م.م^3/ السنة) أي ما نسبته (4.4%) من كمية الأمطار الساقطة مع وجود تباين في قيم معامل الفيضان وكميات تصريف الفيضانات من سنة لأخرى.

ووصلت كمية جريان الأساس حوالي (26.19 م.م^3/السنة) وقدّر حجم التبخّر – النتح حوالي (261.19 م.م^3/ السنة) أي ما نسبته (95%) من حجم الأمطار الساقطة .

وتشغل التربة الرمليّة ما نسبته (77.5%) من مساحة الحوض، مما يميّز تكوينات الحوض أنّها عالية النفاذيّة، حيث يوجد في الحوض حوالي (31) نبعاً، وبلغ معدل تصريفها حوالي (3.2 م.م^3/ السنة)، وأظهرت الدراسة أنّ معظم المنطقة تعاني من عجز مائي، واعتمدت الدراسة على الخرائط الطبوغرافية، والجيولوجية، والمطرية للحوض ومخططات الطرق، لتحديد مواقع الحصاد المائي، وتوصلت الدراسة بأن أفضل المواقع لإنشاء السدود على المجرى الرئيسي، لحجز أكبر كمية من الجريان، وبأقل مساحة سطحية.

وأشارت نتائج التحاليل الكيميائيّة أنّ المياه الجوفية بناءً على المواصفات الأردنيّة والعالميّة غير صالحة للشرب، والاستخدامات المنزليّة في حين صالحة للأغراض الزراعيّة .

وتبلغ مساحة الأراضي الزراعيّة حوالي (71.380) دونم، حيث يخصص لريها حوالي (18.5 م.م^3/السنة. وقدّرت كميّة استهلاك المياه للأغراض المنزليّة والشرب لعام 2009 م حوالي (317.229 م^3) البالغ عدد سكانها (36096) نسمة .

وأوضحت الدراسة أنّ تربة الحوض تعاني من نسبة ملوحة متوسطة إلى شديدة جداً، حيث بلغت نسبتها (54.13%) الناجمة عن الظروف الطبيعية وتدني معدل التغذية ما نسبته(23.37%) من مساحة الحوض . و ما نسبته (5.53%) من مساحة الحوض معرضة للانجراف المدمر و (36.4%) من مساحة الحوض معرضة للانجراف المرتفع والمتوسط، مما يرفع الحمولة الرسوبيّة وتأثيرها على المنشآت المائيّة. وبيّنت الدراسة أنّ المنطقة تعاني من تدهور في أراضيها، حيث وصلت نسبة الأراضي الجرداء (49.6%) من مساحة الحوض عام 2010م بمعدل زيادة (2.38%) ما بين عامي 1953 م و 2010م، ولم تتجاوز مساحة الأراضي الرعويّة (7.82%) من مساحة الحوض عام 2010م .

الفصل الأول

1.1 المقدمة

يقع الأردن ضمن المناخ إلى شبه الجاف ويمكن تعتبر الموارد المائية السطحية والجوفية من أهم القضايا التي توليها المملكة الأردنية الهاشمية اهتماماً خاصاً من حيث تناقص كمياتها واستنزافها، وشح مصادرها . وقد قدرت مصادر الأردن المائية المتوفرة عام 2011 م حوالي (800) مليون متر مكعب، في حين وصل الطلب على المياه إلى (1100) مليون متر مكعب، ومن المتوقع أن يرتفع الطلب على المياه عام 2020 م يصل إلى (1400) مليون متر مكعب (وزارة المياه والري، 2013)، وقد بلغ نصيب الفرد من المياه سنوياً في الوقت الراهن حوالي (145 م^3)، في حين كان نصيب الفرد عام 1946 م حوالي (3600م^3) (USAID, 2010)، ممَّا يعني أنّ الأردن يعاني من حالة عجز مائي .

وعليه اصبحت الدراسات المائية على درجة كبيرة من الأهمية بالنسبة للأردن ،لما لذلك من أهمية في عمليات التنمية وبخاصة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة .

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الموارد المائية في حوض وادي الحسا الذي يعد من أكثر الأحواض المائية محدودية في حجم موارده المائية، يضاف إلى ذلك سوء الاستخدام والهدر الكبير للمياه السطحية، كما هدفت الدراسة إلى تحديد مصادر المياه في الحوض كماً ونوعاً، والتعرف على التغيرات الهيدرولوجية والبيئية في الحوض، التي أدّت إلى تدهور ملحوظ في البيئة، وتغير في الغطاء الأرضي والتصحر والتملح في الأرض .

ومثل هذه الدراسة من شأنها أن تزود صاحب القرار بالمعلومات اللازمة لمواجهة تلك الظروف من خلال إنشاء السدود على الأودية ؛ لحجز المياه وتغذية المياه الجوفية، و البحث عن البدائل والوسائل؛ لسد المتطلبات السكانية و الحد من الآثار البيئية السلبية.

وفي ظل الثورة الكمية أصبح بالإمكان إدارة الموارد المائية باستخدام برمجيات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) للحصول على تفاصيل دقيقة عن الموارد المائية بما فيها الجريان السطحي والمياه الجوفية، فنظام المعلومات الجغرافية يقوم على إدارة الكم الكبير من المعلومات ومعالجتها، وإعداد الطبقات، وتحليلها، وتنظيمها، وعرضها على هيئة خرائط وجداول وأشكال بيانية .

وسوف يتم دراسة الموارد المائية في حوض وادي الحسا باستخدام نظام المعلومات الجغرافية، الذي يعتبر أحد البرامج التي تدعم التطبيقات الهيدرولوجية خاصة في مجال المياه

السطحية، للوصول إلى النتائج والتوصيات الخاصة للاستخدام الأمثل للموارد المائية وتنميتها والمحافظة عليها .

2.1 مشكلة الدراسة:

تبرز مشكلة الدراسة كون المنطقة تعاني من عجز مائي كبير، ولذلك فان هناك حاجة لمسح وتقييم الموارد المائية في حوض وادي الحسا، والتحقق من صحة البيانات الهيدرولوجية الخاصة بموارد مياه الأمطار، والتبخر، والجريان السطحي، والفيضانات، وتكرارها والمياه الجوفية، ودراسة التغيرات في الظروف الهيدرولوجية، وذلك لتقييم تأثيرها في تدهور البيئة من حيث انجراف التربة، والتملح، والتغيرات في الغطاء النباتي، ونوعية المياه في منطقة الدراسة، ويرجع سبب ذلك إلى شح المياه بالمقارنة مع مساحة الحوض.

كما يعود السبب في ذلك إلى قلة الإجراءات اللازمة للتخفيف من المشكلات البيئية، وضعف التخطيط في إيجاد الطرق والسبل المناسبة للحد من الإخلال في النظم البيئية .كما تعاني منطقة الدراسة من تأثير العوامل البشرية، ومنها: الزيادة السكانية، وزيادة احتياجاتهم من المياه، وكذلك التوسع في الزراعة المروية، مما أدى إلى زيادة استهلاك المياه والضغط على المياه الجوفية. ونظراً لأهمية الموارد المائية في تحقيق الأهداف الاجتماعية، والاقتصادية أصبحت دراسة هذا المورد ضرورة ملحة للبحث عن أفضل الطرق لترشيد استهلاك المياه لرفع كفاءة استخدام المياه .

وستحاول الدراسة الإجابة على الأسئلة الآتية :

1. ما حجم المياه السطحية والجوفية أثناء فترات الجفاف والرطوبة ؟
2. ما تأثير العوامل الطبيعية في الموارد المائية في الحوض ؟
3. ما العلاقة بين الأمطار والجريان السطحي والتوزيع الجغرافي للينابيع المائية من جهة والخصائص الجيولوجية والطبوغرافية من جهة أخرى ؟
4. ما إمكانية بناء قاعدة بيانات جغرافية خاصة بالموارد المائية للحوض ؟
5. ما إمكانية تحديد مواقع السدود أو المنخفضات الأرضية لحفظ الفائض المائي، من خلال تحديد بعض المواصفات مثل نوع التربة، ومستوى الانحدار، ونوع الغطاء الأرضي، للاستفادة منها مستقبلاً ؟

3.1 أهمية الدارسة ومبرراتها :

تُعد دراسة الموارد المائية في حوض في وادي الحسا في غاية الأهمية، لمحدودية موارده المائية في ظل التزايد السكاني للمنطقة، حيث المعدل السنوي للأمطار لا يزيد عن (150 ملم)،، ولعل أهم هذه المبررات :

1. قلة الدراسات الهيدرولوجية في حوض وادي الحسا ولذلك فأن هناك حاجة إلى دراسة تفصيلية ،وتطبيقية لمنطقة الدراسة لتقييم الموارد المائية والكشف عن تأثيرها على البيئة في منطقة الحوض .
2. تحتاج دراسة الموارد المائية إلى دراسات جادة لتحديد كمياتها، ومواقعها الجغرافية والاستغلال الحالي لها، وذلك للمحافظة عليها، وخلق نظم جديدة لإدارتها من أجل التغلب على المشاكل البيئية الراهنة.
3. إنشاء قاعدة معلومات للموارد المائية للحوض، وإعداد المسوحات حول توزيع الموارد المائية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية من أجل التعرف على الواقع الحالي للموارد المائية كماً ونوعاً.

4.1 فرضيات الدراسة :

الفرضية الرئيسية : هناك موارد مائية سطحية وجوفية في حوض وادي الحسا.

الفرضيات الفرعية :

1. يوجد علاقة بين الأمطار والجريان السطحي .
2. يوجد علاقة بين الأمطار والتوزيع الجغرافي للينابيع المائية .
3. توجد آثار بيئية للموارد المائية على البيئة في منطقة الدراسة .

5.1 أهداف الدراسة

تسعى الدراسة لبلوغ الأهداف الآتية :

1. بناء قاعدة بيانات جغرافية من خلال أحد برامج نظام المعلومات الجغرافي، تكون قابلة للتماسك مع قواعد البيانات الخاصة بالأحواض المائية للمناطق المجاورة .
2. معرفة حجم المياه السطحية والجوفية خلال السنوات الجافة والرطبة لفترة لا تقل عن (30 سنة) وعمل موازنة مائية للحوض .

3. دراسة تأثير مياه الأمطار على التصريف المائي بأنواعه، والينابيع وإيجاد العلاقة بينهما .

4. اقتراح خطة لإدارة وصيانة الموارد المائية من حيث كميتها ووفرتها واستعمالاتها، والمشكلات البيئية الناجمة عنها .

6.1 الدراسات السابقة :

حظيت الموارد المائية العديد من الدراسات في شتى المناطق ومن هذه الدراسات:

دراسة صبابحة (2013) بعنوان تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (R.S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)، هدفت الدراسة إلى تقييم احتمالية الحصاد المائي من خلال تطوير نموذج يمكن استخدامه في تحديد الأماكن الملائمة لمشاريع الحصاد المائي في الحوض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية، لإنتاج الخرائط والطبقات المكانية اللازمة للتحليل المكاني، وإضافة إلى بناء نموذج مكاني لتقييم احتمالية الحصاد المائي، كما استخدمت الدراسة طريقة تقدير الجريان السطحي ومعامل الجريان السطحي باستخدام نظام خدمة حفظ التربة (SCS)، واستخدمت الدراسة نموذج ثورنثويت لتقدير الموازنة المائية لتحديد الفائض والعجز المائي، وتوصلت الدراسة إلى تحديد المواقع المناسبة لإقامة السدود والحفائر من خلال مجموعة من المعايير الموزونة .

دراسة قطيش (2007) بعنوان التقييم الجيومورفولوجي للأراضي في حوض وادي الحسا/ جنوب الأردن، هدفت الدراسة إلى تقييم أراضي حوض وادي الحسا جيومورفولوجياً، وتصنيف الوحدات الأرضية إلى أصناف أرضية تبعًا لخصائصها، واقتراح أفضل الاستخدامات فيها، وتم استخدام نظام المسح الجيومورفولوجي، ونظام المعلومات الجغرافي والأساليب الإحصائية.

دراسة سنهوب (2006) بعنوان الموارد المائية في حوض صنعاء، واستثمارها في الري، تناولت الموارد المائية وتحليل العوامل الجغرافية المؤثرة فيه، والبحث عن نظم الري المتبعة في الحوض ،وخلصت إلى انعدام المياه السطحية نتيجة تدني الأمطار السنوية ونضوب المياه والجوفية، لعدم وجود تغذية مائية طبيعية كافية وزيادة سحب المياه من الآبار.

دراسة حرب (2003)، تقييم الموارد الطبيعية في حوض وادي الريان، حاولت الدراسة التعرف على الخصائص الموروفومترية للشبكة المائية، ومسح الموارد المائية السطحية والجوفية، والتعرف على أصناف التربة ومدى قابلية كل صنف للأغراض الزراعية .

دراسة الجيلاني، (2003) المياه السطحية الموسمية ومشكلاتها في حوض ميفعة، كشفت عن مواطن القوة والضعف في الموارد المائية، واستخدام طرق علمية في معالجة مشكلاتها في الحوض الأدنى لوادي ميفعة، وركّز الباحث على الجانب الموروفومتري، لمعرفة طرق تحسين المنطقة هيدورلوجياً .

دراسة سليمان، (2002)، بعنوان " الخصائص الهيدروجيومورفولوجية وأثرها في مجال دراسة مقارنة بين وادي عمارة منطقة بحري شمال السودان ووادي حائل منطقة حائل شمال المملكة العربية السعودية، هدفت إلى معرفة التكوين الجيولوجي وجيومورفولوجية منطقة الدراسة، وما تحتويه من كمية ونوعية موارد المياه الجوفية، والتعرف على نوعية التربة، وتقديم حلول لمشكلات المناطق الجافة، وأظهرت النتائج إلى انعدام المياه السطحية في منطقة الدارسة، وتحكم الجيومورفولوجيا خاصة الخطوط الانكسارية في عمليات الجريان السطحي والجوفي.

دراسة الزيود، (2001) في دراسته عن مصادر المياه السطحية ،وتطويرها واستخدامها الأمثل في حوض وادي عربة الشمالي في الأردن، هدفت إلى دراسة مصادر المياه السطحية في الحوض، وخلصت الدراسة أن نوعية مياه الينابيع صالحة للشرب، وأن الاستعمالات الزراعية تعتمد في ريها على مياه الينابيع في الجزء الأعلى من الحوض وعلى مياه الجريان في الجزء الأسفل.

وفي دراسة (أبو سمور وغانم، 1997) تحليل مناخي هيدرولوجي للفيضانات في أحواض اليرموك، والزرقاء، والموجب، هدفت إلى تحليل الظروف الجوية المرافقة للفيضانات التي أدّت الى ارتفاع التصريف المائي لتلك الأودية النهرية، للحصول على نتائج تفسِّر خصائص الفيضانات من حيث توزيعها، واعدادها، ونسبها، وتكرارها، وأسباب حدوثها، واحتمالات فترات رجوع قيم تصريف الفيضان .

وفي دراسة (أبو سمور، 1997) التصريف المائي لنهر الزرقاء هدفت إلى تحديد كميات جريان الأساس والفيضانات والتنبؤ عن فترات رجوع الفيضانات، وتوصلت إلى تحديد أعداد الفيضانات التي حصلت خلال فترة الدراسة، وتحديد سلوك التصريف المائي للنهر في فترات رجوع الفيضانات .

دراسة الزعبي، (1995)، حول مسح الموارد المائية في حوض وادي زقلاب، حاولت الدراسة مسح الموارد المائية، والتعرف على الخصائص الجيومورفولوجية والجيولوجية والهيدرولوجية في الحوض، وتوصلت الدراسة إلى تأثر الحوض بشكل كبير لعمليات الحت، وانخفاض معدل كمية الأمطار وارتفاع معدل التبخر، وقلة الينابيع، وأشارت أن نوعية المياه ملائمة للاستعمالات المنزلية.

دراسة الزعارير، (1995) في دراسته عن موارد المياه السطحية في حوض وادي الوالا، تناولت الموارد المائية في الحوض، والعوامل المؤثرة عليها ونوعية التربة والتكوينات الصخرية، واتضح من الدراسة سيطرة المناخ الجاف وشبه الجاف على الحوض الذي انعكس أثره على الأمطار ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والتبخر الذي أثر بدوره على غطاء التربة والنبات، وتبين أن نوعية المياه صالحة للاستخدامات المختلفة.

وفي دراسة رشدان، (1988)، بعنوان "تحليل الواقع المائي في حوض الموجب والإمكانيات المائية المتاحة الحالية والمستقبلية"، حاولت الكشف عن معلومات عن الوضع المائي في حوض الموجب، والتعرف على الإمكانات المائية المتاحة لسد الاحتياجات الحالية والمستقبلية .

(ج) الدراسات الأجنبية :

دراسة (Abu- saleem (2009، تقدير مكونات الموازنة المائية في حوض وادي الحسا باستخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد – ونموذج WetSpss حيث تم تطبيق نظم المعلومات الجغرافية، وتقنيات الاستشعار عن بعد للحصول على معلومات عن العمليات الهيدرولوجية لمحاكاة عناصر الموازنة المائية في حوض وادي الحسا، وتطوير استخدام الأراضي، وتقدير طويل الأجل للمعدل السنوي والموسمي لعناصر الموازنة المائية: الجريان السطحي والتبخر الفعلي وتغذية المياه الجوفية.

دراسة (Al-balawi. (2003، دراسة هيدرولوجية وهيدروجيولوجية حوض وادي الوالا. حاولت التعرف على العلاقة بين هطول الأمطار والجريان السطحي وتقدير الموازنة المائية في منطقة الحوض، وتحديد نظام تدفق المياه الجوفية، والمنهج المستخدم هو تحليل بيانات هطول الأمطار والجريان السطحي الفعلي، وتم قياس متوسط سقوط الأمطار ومعامل الجريان السطحي للفترة (1975 –2002 م) .

دراسة (Arderson & Marsh, (2002 تقييم موارد المياه في اسكتلندا، رؤى تقدم، مشاكل. استعرضت الدراسة التقدم التاريخي في تقييم هطول الأمطار والتبخر وموارد المياه الجوفية

والجريان السطحي في اسكتلندا، واهتمت الدراسة في استخدام الأساليب الكمية لتقدير التدفق الهيدرولوجي، وخلصت الدراسة بأن التقلب في الموارد المائية في الماضي لن يستمر في المستقبل.

دارسة (Guodong & Genxu, (1999 بعنوان " تنمية الموارد المائية وتأثيرها على البيئة في المناطق الجافة في الصين : حالة حوض نهر Hei، ركزت الدراسة على الآثار الناجمة عن تطوير الموارد المائية على بيئة المناطق الجافة في شمال غرب الصين، وتوصلت الدراسة إلى حدوث تغيرات مهمة في الظروف الهيدرولوجية والبيئية لحوض نهر Hei في الخمسين عام الأخيرة، وجفاف أكثر من 30 رافدًا وبحيرة، وهذه التغيرات أدت إلى تدهور البيئة وزيادة الملوحة والتصحر للأراضي الواقعة في حوض النهر .

دراسة (Rango, (1994، تطبيق طرق الاستشعار عن بعد على الهيدرولوجيا وموارد المياه، تشير الدراسة إلى مراجعة البحوث المتعلقة بالاستشعار عن بعد للموارد المائية، فتبين أنه استخدم بيانات الاستشعار عن بعد بشكل ميداني في تقدير الهطول ورطوبة التربة، وقياسات البرمجة الزمنية للري، والمكافئ المائي للثلج، إضافة إلى مخزونات المياه.

دراسة (El-Naqa (1993، بعنوان الخصائص الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية لحوض الموجب – الأردن، هدفت الدراسة إلى التحقق من البيانات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية، لتقييم وفرة موارد المياه لمنطقة موقع السد المقترح، وتم انجاز البحث من أجل التحقق من نظام تدفق المياه الجوفية، وتحديد إمكانية وجود طبقة مياه جوفية. وتم دراسة الجدوى المائية للسد من خلال تقييم الموازنة المائية لفترة تمتد (1970 -1990).

تناولت دراسة (ta'any, 1992) هيدرولوجية وهيدروكيميائية للينابيع الرئيسية في حوض وادي شعيب، بهدف تحليل التصريف المائي وتقييم الخصائص الكيميائية لتلك الينابيع، وذلك للكشف عن مدى ملائمتها للاستعمالات المختلفة، وتجديد إمكانياتها المائية، وقد تم تصنيف الينابيع إلى مجموعات بناءً على نوعية مياهها، وخصائصها الكيميائية، وتوصلت الدراسة إلى تحديد جودة المياه المتاحة للاستعمالات المختلفة .

من الدراسات السابقة يتضح عدم وجود دراسة هيدرولوجية لحوض وادي الحسا ،ممَّا شجع الباحث على القيام بمثل هذه الدراسة .

7.1 منهجية الدراسة (Methodology of study)

لتحقيق الهدف من الدراسة في تقييم الموارد المائية وإبراز دورها في التأثير على النظام البيئي فقد تم الاعتماد على المناهج الآتية :

المنهج الوصفي التحليلي : وصف الخصائص الجغرافية في حوض وادي الحسا التي تتضمن العناصر المناخية، والهيدرولوجية والجيولوجية والمورفومترية والجيومورفولوجية، والتربة ؛ لإنتاج الخرائط باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظام المعلومات الجغرافية، وتحليل الخصائص الطبيعية والهيدرولوجية، والموارد المائية وخرائط استخدامات الأراضي باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية. لتمثيل النتائج وإجراء تقييم الموارد المائية .

المنهج الكمي: تحليل بعض البيانات الهيدرولوجية مثل الجريان السطحي والفيضانات، وكميات الهطول المطري، والتبخر الجريان باستخدام الأساليب الكمية، لتفسير مختلف الظواهر والمشكلات و التعرف إلى العلاقات الموجودة بين المتغيرات.

1.7.1 أسلوب الدراسة :

قامت الدراسة على عدة مراحل مكتبية وميدانية لجمع البيانات كما يلي :

1. المرحلة الأولى : جمع البيانات و إجراء القياسات اللازمة : اشتملت على جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بمنطقة الدراسة، فتم حصر الدراسات والتقارير ذات الصلة بموضوع الدراسة، والتعرف على الأساليب والطرق التي اتبعتها، وتم الحصول على البيانات من مصادر مختلفة من وزارة المياه والري، وسلطة وادي الأردن، ووزارة الزراعة، ودائرة الإحصاءات العامة، والمركز الجغرافي الملكي، وسلطة المصادر الطبيعية، ومكتبات الجامعات الأردنية .

ومن البيانات والمعلومات التي اعتمدت لتحقيق اهداف الدراسة :

(أ) البيانات المناخية والمائية وتشمل :

1. بيانات شهرية للأمطار الساقطة على المحطات المطرية الممثلة لمنطقة الدراسة وهي: محطة مشتل الأمير حسن (عابور) والمزار خلال الفترة الممتدة من 1980-2010 م، في حين محطة الحسا لغاية عام 2002 م، وجرف الدراويش لغاية عام 1996 م، وذلك بسبب عدم توفر البيانات .

2. بيانات عن شدة المطر وتكراره وديمومته لمحطات المزار والحسا/ التنور والحسا/ غور الصافي ومشتل الأمير حسن (عابور) والطفيلة خلال خمس دقائق وعشرين دقيقة، نصف ساعة، ساعتين، ثلاث ساعات، ست ساعات، يوم.

3. بيانات مناخية لمحطات الحسا و مشتل الامير حسن (عابور) وغور الصافي من درجات الحرارة وساعات سطوع الشمس واتجاه الرياح والرطوبة النسبية للفترة الممتدة من 1980-2010 م للوقوف على الوضع المناخي للحوض وحساب معدل التبخر – النتح الحقيقي من حوض وادي الحسا .

4. بيانات شهرية عن كميات الجريان السطحي (جريان الأساس، الجريان العاصفي) لوادي الحسا / التنور، ووادي الحسا / غور الصافي خلال الفترة 1980-2010 م.

5. بيانات شهرية عن تصريف الينابيع لحساب كمية تصريفها ومعدلاتها ومعرفة أعلى وأقل تصريف لها خلال فترة تسجيلها .

6. بيانات لكميات الضخ من الآبار الجوفية في الحوض، إضافة إلى المعلومات التي تتعلق بمواقع هذه الآبار وتوزيعها.

7. معلومات عن كمية المياه المستهلكة في حوض وادي الحسا للاستخدامات المختلفة .

8. بيانات عن مساحة الأراضي المستغلة، ونوع المزروعات.

(ب) البيانات السكانية وتشمل التعداد السكاني للأعوام 1970 و 2004 و 2012 م .

(ج) الخرائط والمرئيات الفضائية :

1. الخرائط الجيولوجية: وتشمل لوحات جبال غزيمة ووادي النعضية، ووادي البويعجة، ووادي البهية والطفيلة والحسا (العينا) والحسينية الجنوبية (جرف الدراويش) والكرك، والشوبك مقياس 1:50000 من سلطة المصادر الطبيعية

2. الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000 وهي لوحات الحسا ووادي النعضية، ووادي البهية، ووادي البويعجة، وجبال غزيمة والشوبك والطفيلة والوادي الأبيض، وخريطة الكرك مقياس 1:250000 من سلطة المصادر الطبيعية .

3. خرائط التربة مقياس 1:50000 لوحة عمان والأزرق الصادرة من وزارة الزراعة، المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي .

4. المرئيات الفضائية استخدمت المرئيات الملتقطة بواسطة القمر الصناعي Landsat، بدقة تمييزية مكانية وصلت إلى (30م) الملتقطة عام 1984 و 2010م، وذلك لاستخلاص المعلومات النوعية والكمية للغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي من المركز الجغرافي الملكي .

5. نموذج الارتفاعات الأرضية : استخدمت نماذج الارتفاعات الأرضية(DEM) (http://gdem.aster.erdas.org.jp//) بدقة تمييزية (30م) للتعرف على الخصائص، والوحدات الجيومورفولوجية، والطبوغرافية لحوض وادي الحسا تمهيداً لتحديد محيط الحوض واستخلاص الخصائص المورفومترية، ومساحة الحوض، وإنتاج خرائط شبكة التصريف المائي السطحي وإنتاج خرائط الانحدار وخطوط الكنتور والتضاريس .

2. المرحلة الثانية: الأعمال الميدانية والتحاليل المخبرية، وانحصرت على ما يلي:

1. جمع عينات مائية من ينابيع مختارة من حوض الحسا سواء أكانت ينابيع تصريف شهرية، أو ينابيع تصريف سنوية وعينة من الجريان السطحي، وتحليلها ومقارنتها بالمواصفات الأردنية، والعالمية، لتحديد مدى صلاحيتها للاستخدامات البشرية خاصة للشرب والاستخدامات المنزلية والري ولسقاية المواشي .

2. جولات ميدانية لمراقبة التصريف لمعرفة فترات حدوث الجريان السطحي في حوض وادي الحسا .

3. مسح ميداني للآبار الجوفية في الحوض لتحديد موقعها وإنتاج خريطة لها.

4. مسح ميداني لدراسة الغطاء النباتي والتعرف على أنواع الغطاء النباتي المنتشرة في الحوض .

3. المرحلة الثالثة : تحليل البيانات والمعلومات :

شملت على جمع المعلومات، وتبويبها، ومعالجتها، وصياغتها على شكل جداول وأشكالٌ وعمل علاقات خطية ورقمية بين هذه المعلومات وتتضمن هذه المرحلة:

1. تطبيقات نظام المعلومات الجغرافية GIS .

تعد تقنية نظام المعلومات الجغرافية من الأساليب المهمة في مثل هذه الدراسة في إعداد قاعدة معلومات؛ من خلال ادخال البيانات والخرائط الأساسية والتي شملت البيانات الجيولوجية والتربة والطبوغرافية، حيث اعتمد في هذه الدراسة برمجية ArcGIS10 فقد استخدم الماسح الضوئي (Scanner) لتحويل الخرائط الورقية إلى خرائط رقمية وتعريفها من خلال(Georeferencing) تبعاً لنظام الإحداثياتJTM عن طريق برمجية (ArcGIS10)

إضافة إلى إدخال المرئيات الفضائية وتصحيحها واستخدام نموذج الارتفاعات الأرضية، حيث تم تخزين تلك البيانات لتتم عملية التحليل والمعالجة، وإنتاج المعلومات، والبيانات الكمية والمكانية، والنوعية والتي استخدمت في مراحل الدراسة، وبالتالي إنتاج الخرائط اللازمة لتحقيق الهدف من الدراسة، والخرائط التي تم إنتاجها، كما يلي :

(1) خرائط الأساس Shape file استندت الدراسة إلى استخدام نموذج الارتفاع الأرضي لتحديد منطقة الدراسة، ورسم حدود منطقتها، ورسم خطوط تقسيم المياه .

(2) الخرائط الجيولوجية لإعداد خرائط التركيب الجيولوجي، والوحدات الجيومورفولوجية والوصف التكتوني .

(3) الخرائط الطبوغرافية لتحديد المواقع وخرائط خصائص الشبكة المائية.

(4) خرائط التربة لوصف وحدات التربة وإعداد خريطة التربة اعتماداً على فحوصات وزارة الزراعة للتربة لتحديد نسيج التربة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية (Ministry of Agriculture , 1995) لما لها من علاقة بالجريان السطحي .

(5) إدخال البيانات المناخية والهيدرولوجية إلى برمجية GIS وتعريفها وتحويلها إلى نظام الإحداثيات JTM؛ لتحويل الخرائط الموضوعية، والنقطية إلى خرائط مساحية، وإجراء حساب معدل الأمطار الساقطة على حوض وادي الحسا اعتماداً على المساحة التي تغطيها كل محطة مطرية حسب مضلّع ثيسن (Thiessen) وحساب حجم الأمطار الساقطة ومعدلها .

(6) مرئيات الأقمار الصناعية : بعد عملية إدخالها و تعريفها تبعاً لنظام الإحداثيات JTM وإجراء عملية (Mosaicking) لها وباستخدام برنامج ENVI 4.6 وعمل تصحيح لها من خلال الخريطة الطبوغرافية على برنامج ArcGIS، قام الباحث باستخدام الخريطة الطبوغرافية في توقيع الإحداثيات وذلك لاستخدام المعالم الموجودة على الخريطة في عملية تصحيح الصور الفضائية، لرسم جميع المعالم التي تظهر في

الصورة ومن خلالها تم بناء طبقة استخدامات الأرض لعام 2010 . أما بالنسبة للصور الجوية استخدمت برمجية SOCET SET في عملية ربط الصور بالواقع الأرضي من خلال إدخال الصور إلى البرمجية وعمل ما يسمى التثليث الجوي حيث استحدثت نقاط أحكام من الخريطة الطبوغرافية وبعد الانتهاء من التثليث أجري حساب النموذج العددي لسطح الأرض من أجل إنتاج صورة مصححة هندسيا للمنطقة إضافة إلى حساب خطوط المستويات، وأخيراً رسم الأودية من خلال الصور ورسم استخدامات الأرض لعام1984، وبالنسبة لاستخدامات الأرض لعام 1953 حيث لا يوجد تصوير يغطي المنطقة فاعتمدت الدراسة على الخرائط الطبوغرافية في إنتاجها، لما لها أهمية في تحديد نطاقات الجريان السطحي وتأثيرها على الجريان السطحي .

2. الأساليب والنماذج الإحصائية والرياضية :

بعد الحصول على البيانات والقياسات من المحطات المطرية، والمناخية قام الباحث بتحليل البيانات واجراء القياسات اللازمة، والحصول على النتائج المرجوة لتحقيق الهدف من الدراسة من خلال المعادلات والأساليب الرياضية، وهي:

1. معادلة حساب كمية التبخر – النتح الحقيقي بالمليمتر من كمية الأمطار الساقطة (Raqhunath, 1986). (عناب، 2006)

$$AET = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P}{Ft}}}$$

حيث :

كمية الأمطار الساقطة = P

$Ft = 0.25 * t3 + 25t + 300$

معدل درجة الحرارة السنوية م° =t

2. معادلات الخصائص المورفومترية

لتحديد نسبة استطالة واستدارة الحوض ونسبة التضرس، والكثافة التصريفية والتكرار النهري، ونسبة التشعب، ومعامل الانعطاف، ومعامل شكل الحوض، والمعامل الهبسومتري، ومعدل القوام الحوضي والإقليمي، وقيمة الوعورة، فقد تم استخدام

مجموعة من المعادلات المورفومترية لمعرفة الخصائص الجيولوجية والهيدرولوجية للحوض .

3. معادلة جامبل لتحديد فترات الرجوع وتكرار الفيضانات وثم حسابها بالمعادلة (1980، Bruce & Clark).

$$P_r = \frac{m}{n+1}$$

$$T = \frac{1}{P_r} = \frac{1+n}{m}$$

حيث :

P_r = الاحتمال

m = رتبة الرقم بعد ترتيبهم تنازلياً

n = عدد السنوات المدروسة

4. حساب عسر الماء :

لتحديد درجة عسورة الماء استخدمت المعادلة التالية :(الزيود، 2001)

$$H = 2.5\,Ca + 4.1\,Mg$$

H = درجة عسورة الماء

Ca = الكالسيوم في الماء ملغم/لتر

Mg = المغنيسوم في الماء ملغم/ لتر

5. درجة امتصاص الصوديوم في الماء

استخدمت المعادلة التالية لتحديد تركيز أيون الصوديوم إلى تركيز ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم (Yusuf, 1991)(الوكيل،2013)

$$SAR = \sqrt{\frac{Na}{\frac{ca + mg}{2}}}$$

حيث :

SAR = نسبة امتصاص الصوديوم

Na = نسبة تركز الصوديوم بالملمكافئ /لتر

Ca = نسبة تركز الكالسيوم بالملمكافئ / لتر

Mg = نسبة تركز المغنيسيوم / بالملمكافئ / لتر

نسبة الصوديوم استخدمت لتحديد تركيز نسبة الصوديوم في الماء لتصنيف المياه للري من خلال المعادلة التالية : (الزيود، 2001)

= % Na

$$\frac{Na}{Na + K + Ca + Mg}$$

6. معامل الفيضان

استخدمت المعادلة الآتية لتصنيف الفيضانات إلى فيضان عالي ومتوسط ومنخفض (الزيود، 1993)

$$100 \times \frac{F}{P} = F_c$$

F_c = نسبة معامل الفيضان

F = كمية تصريف الفيضان م.م^3/ السنة.

P = كمية الأمطار الساقطة م.م^3/ السنة

7. تقدير متوسط تصريف الفيضان المتوقع لفترات رجوع مختلفة بناءً على المعادلة التالية (سبتي واسماعيل، 1982)

$$Q_t = Q_{av} + \sigma\ (0.78y - 0.45)$$

حيث :

Q_{av}= المعدل السنوي للفيضان

Q_t= متوسط تصريف الفيضان المتوقع تكراره

σ = الانحراف المعياري وهو :

$$\sigma = \frac{n}{\frac{(n-1)(\sum Qm^2 \times Qav^2}{n}}$$

حيث :

n = عدد سنوات التسجيل

$\sum Q_m^2$ = مجموع مربعات قيم الفيضان

جدول قيم y= قيم ثابتة تعتمد على سنوات الر جوع وهي كالتالي:

T	Y
2	0.37
5	1.5
10	2.25
50	3.9
100	4.6
200	5.3

7. زمن تأخير الحوض (t_p) ويمكن حسابه من المعادلة التالية (طه،2005)

$$t_p = 0.74\ C_t\ (L*LC)^{0.3}$$

حيث أن:

t_p: زمن الوصول (المدة الزمنية التي يستغرقها الجريان لوصوله من المنبع الى المصب) الحوض (ساعة)

LC:طول الحوض من مركز الحوض إلى نقطة المصب(كم)

L = طول الحوض(كم.)

c_t : معامل يعتمد على خصائص الحوض وتتراوح قيمته بين(2.2 – 1.8).

وتم استخدام معادلة(Snyder، 1938)   لتقدير أقصى معدل جريان:

$$Q_p = 2.78\ C_P * (A/t_p)$$

(Ramirez, 2000, p. 18)

Q_p:أقصى معدلات جريان(م/ ثانية.)

C_p: معامل الخزن، وتتراوح قيمته بين(0.56 −0.69)

A: مساحة الحوض كم^2

8.حساب الموازنة المائية Water Balance Approach

اعتمد الباحث في حساب الموازنة المائية في منطقة الدراسة على معادلة ثورنثويت، والتي تعتمد على بيانات الأمطار، ودرجات الحرارة الشهرية وخرائط التربة، والتي يتم احتسابها بناءً على مجموعة من المتغيرات التالية :

1.التبخر - النتح الكامن Potential Evapotranspiration (PET) من خلال المعادلة التالية :

$$PET = 1.6 \times C \times \left(10 \times \frac{T}{I}\right)^a$$

(thornthwait and mather, 1955 , 1957)

حيث :

PET = التبخر – النتح الكامن ملم/ الشهر

T = معدل درجة الحرارة الشهرية مْ

C = معامل التصحيح الشهري واحتسب من خلال :

$$C = \left(\frac{M}{30}\right) \times \left(\frac{D}{12}\right)$$

حيث :

M = عدد الأيام في كل شهر

D = المعدل الشهري لعدد ساعات سطوع الشمس

I = قرينة الحرارة السنوية واحتسبت عن طريق :

$\sum i = I$

حيث (i) قرينة الحرارة الشهرية وتم حسابها عن طريق :

$$\left[\frac{T}{5}\right]^{1.514} = I$$

حيث معدل درجة الحرارة الشهرية (مْ) = T

دالة القرينة الحرارية (a)وقدرت من خلال

$$a = (6.75 \times 10^{-7} \times I^3) - (7.71 \times 10^{-5}) \times I^2) + (1.792 \times 10^{-2} \times I)+ 0.49239)$$

2. تقدير الفرق بين معدل التساقط المطري والتبخر الكامن (P-PET) لتقدير الفائض المائي والعجز المائي حيث تمثل P معدل الأمطار الشهرية.

3.تراكم عجز الرطوبة Accumulated potential Wetness Loss (APWL) يتم تقدير تراكم عجز الرطوبة لكل شهر من خلال(P-PET) إذا كانت معدلات الأمطار أكثر من معدل التبخر الكامن p >PET تكون (APWL) صفر في الشهور الرطبة .

ويتم حساب (APWL) عندما تكون PET>p أي في الشهور الجافة.

4.رطوبة التربة The actual storage of soil moisture (SM) ويتم تقدير المخزن الحقيقي لرطوبة التربة من خلال :

$$SM = AWC \times e^{(APWL/AWc)}$$

حيث e ثابت = 2.78 و AWC السعة الحقلية في التربة.

وقام الباحث بحساب السعة الحقلية اعتماداً على خصائص التربة في منطقة الدراسة:

نسيج التربة : نسبة كل من الطين والرمل والغرين والتي تم الحصول عليها من مسوحات التربة التي قامت بها وزارة الزراعة 1993 .

نسبة المواد العضوية: في التربة والتي حصل عليها الباحث من مسوحات وزارة الزراعة 1993

Coarse Fragements : خشونة حبيبات التربة والتي تم الحصول عليها من مسوحات وزارة الزراعة 1993.

وكخطوة أولى قام الباحث بحساب كثافة الكتلة (Bulk Density) اعتماداً على نموذج (One Dimensional soil water Dynamics model (SWDM – 1D الذي طور من

قبل سليمان (2006) في كلية الزراعة في الجامعة الأردنية، والذي يعتمد على نسبة الرمل والطين والمادة العضوية، وكخطوة ثانية قام الباحث بحساب السعة الحقلية (Field capacity) بالاعتماد على نسبة الرمل ،والطين ،ونسبة المواد العضوية ،وخشونة حبيبات التربة، وكثافة الكتلة، وفي الخطوة الثالثة تم حساب نقطة الذبول (Wilting Points) بالاعتماد على نسبة الرمل والمواد العضوية وخشونة حبيبات التربة وكثافة الكتلة والسعة الحقلية.

5.التغير في رطوبة التربة يمكن حساب التغير في رطوبة التربة لشهور السنة من خلال طرح رطوبة التربة للشهر من رطوبة التربة للشهر السابق وهكذا لشهور السنة .

6.التبخر الحقيقي (The Actual Evaporation (AET

قام الباحث بحساب التبخر الحقيقي من خلال :

إذا كان التغير في رطوبة التربة أكبر من صفر (Δ SM >0)

يكون AET = PET

إذا كان التغير في رطوبة التربة أقل من صفر (Δ SM <0)

يكون : (Δ SM ×-1) +P= AET

7.العجز المائي (The water Deficit (DEF

قام الباحث بتقدير العجز المائي للشهور التي كانت فيها الفرق ما بين الأمطار الشهرية، والتبخر الكامن سالباً من خلال

DEF = PET - AET

8.الفائض المائي The water surplus

يتم تقدير الفائض المائي للشهور التي تكون فيها رطوبة التربة مساوية لسعته الحقلية المتاحة، في حين الشهور التي لا تتساوى فيها رطوبة التربة مع السعة الحقلية، فهي تعاني من عجز مائي

Sur = P- PET

9.الجريان المائي Water Runoff

يتم احتساب الجريان المائي لشهر كانون الثاني من خلال :

Av.Runoff= Surmonth+Surprevious Month

ويكون الجريان المائي لبقية الشهور

Runoff month = A. V Runoff previous month + Surmonth

في حين الجزء المتبقي من الماء إما يتعرّض للتسرب أو يتم احتجازه في التربة (Thornthwait and mather 1955 – 1957)

الفصل الثاني

السمات الطبيعية لحوض وادي الحسا

1.2 موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة (حوض وادي الحسا) في الجزء الجنوبي الشرقي من المملكة الأردنية الهاشمية وتمتد في ثلاث محافظات هي الكرك والطفيلة ومعان بين خطي طول (25ً، 18َ، 35) و (68ً، 25َ، 36) شرقاً وبين دائرتي العرض (07ً، 33َ، 30) و (44ً، 03َ، 31) شمالاً، شكل (1)، وتبلغ مساحة الحوض (2506.61 كم^2) .

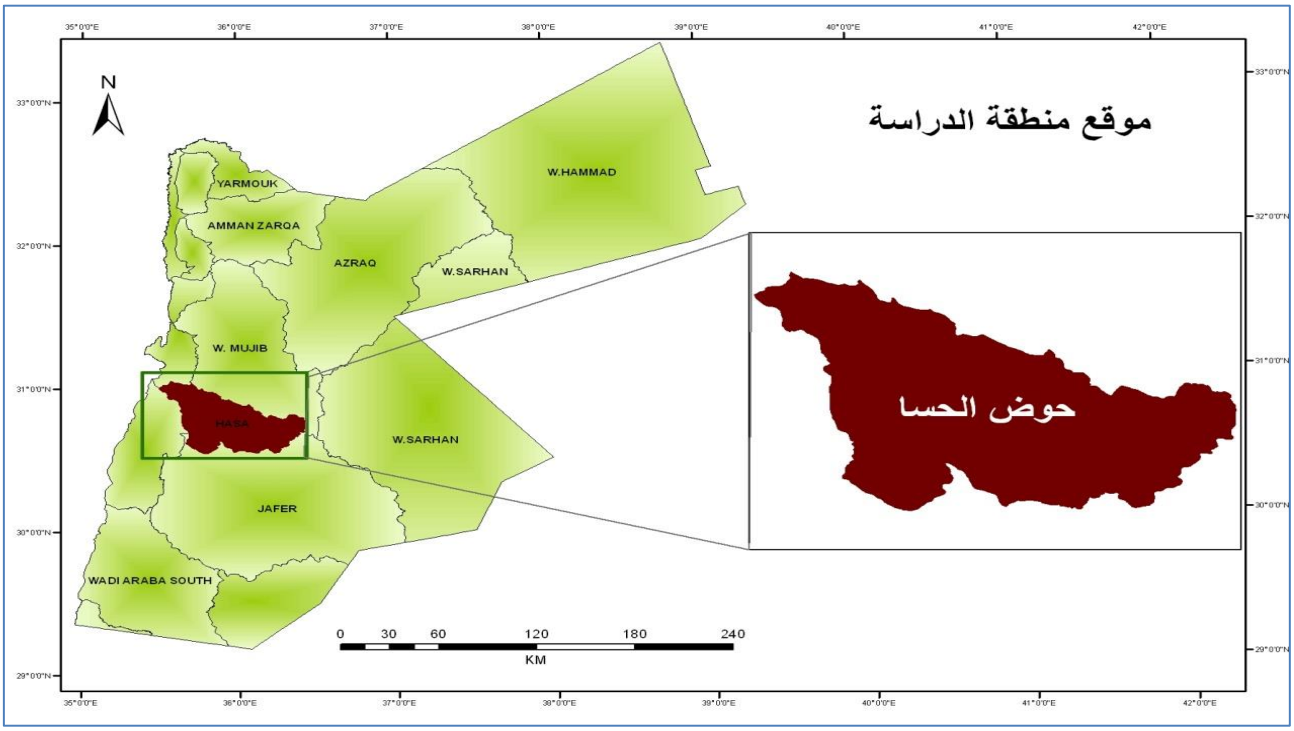
يمتد الحوض إلى الأجزاء الشرقية (الهضبة الشرقية) قليلة الانحدار عبر المنطقة الممتدة غرب الطريق الصحراوي، حيث يتسارع الانحدار نحو المصب في البحر الميت .

وتعد أودية الحوض جزءاً من الأودية التي تصب في البحر الميت والتي تمتد على الحافة الصدعية- الحتية لوادي الأردن و تتباين في صخورها، ومورفولوجيتها ودرجات الحت والتقطع فيها، الأمر الذي أدى إلى اختلاف طبوغرافيتها، وتعدد أنظمة الصدوع .

يمتاز الحوض بالفرق الكبير بين أعلى منسوب له غرب محطة جرف الدراويش جنوب شرق الطفيلة (1605م) فوق مستوى سطح البحر وأدنى منسوب له (322 م) تحت مستوى سطح البحر بالقرب من بلدة غور الصافي، وتتميز أراضي الحوض بالتضرس والوعورة الناجمة عن ارتفاع كثافة الشبكة التصريفية وتعمق مجاري الأودية مما أدى إلى تقطع السطح، حيث تقل درجة الانحدار عن (5°) بينما تصل درجة الانحدار في السفوح الشمالية المطلة على المجرى الرئيسي حوالي (11°) .

وتتباين التضاريس ما بين المنابع العليا في منطقتي قاع الجينز وقاع الفحيلي، حيث يصل منسوب جبل أم الرجام إلى (1173م) فوق مستوى سطح البحر، وفي جبل طويل الشهاق يصل (1095م) فوق مستوى سطح البحر، وينخفض المنسوب في الأجزاء الغربية إلى (322م) تحت مستوى سطح البحر عند المصب .

ويشكل حوض وادي الحسا وحدة جغرافية لمجموعة من الأحواض المائية الفرعية، أي أن هناك مجموعة كبيرة من الأحواض الفرعية داخل خط تقسيم مياه الحوض، ومن الأحواض الفرعية (وادي مليح والجوف والبريص (حمامات عفرا)، والخيمات الشمالي، والجنوبي، واللعبان وجاعص وانمين، والعالية ووادي أحمر، والحسا، وأبو الضباع والروى والجرف– برما – الاسمر، وأبو الكراث والصلول والسدور (صليلا) وخوخة وخنزير، وسميط والنخيل، ووادي العينا، ووادي الغاب، وادي أم الغزلان ووادي الشعاني، ووادي الدفالي وسرموج وسعيد والنعضية والباعجة والريق والمحمل والدميثة والبهية وأبو عيديات والمترمل وأبو العوافي).



شكل (1)

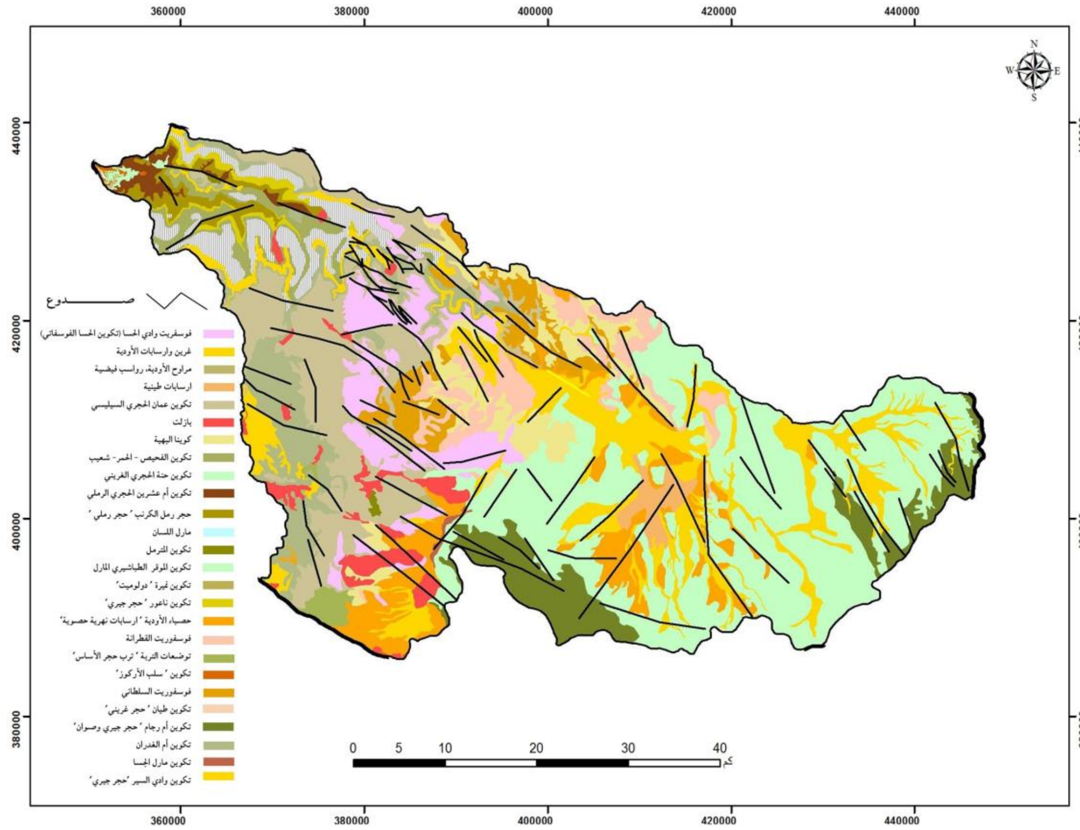
موقع منطقة الدراسة

2.2 التكوين الجيولوجي لحوض الحسا

تنتمي الطبقات الجيولوجية لحوض وادي الحسا إلى بداية العصر الكامبري حتى العصر الحديث، وما يميز الخصائص الجيولوجية للحوض أنها ذات تكوينات من أصل رسوبي الحاملة للفوسفات، و يتراوح سمكها بين (2000-3000 م) (El.Isa 1985) . وتتمثّل بعدم توافق فوق الصخور الغرانيتية، والتي تبدأ بمجموعة رم والتي تعدّ من أقدم التتابعات الرسوبية الناتجة عن رواسب رملية قاريّة نهريّة من العصر الكامبري .

ونتيجة التغيرات المناخية التي نجم عنها الغمر والانحسار لبحر(تيثس) على المنطقة، وخاصة ما بين السيلوزي وحتى نهاية الجوراسي أدى إلى عمليات الحت والتعرية، إلى أن وصل تأثيرها إلى صخور مجموعة رم والخريم. وفي بداية العصر الكريتاسي تشكّلت رواسب نهرية من الصخور الرملية ضمن مجموعتي عجلون، والبلقاء في الأجزاء العلوية من وادي الحسا .

وفي نهاية العصر الكريتاسي الأعلى والايوسين المبكر، تشكّلت رواسب بحرية من المارل والصخور الكلسية والتي تعود إلى مجموعة (البلقاء)، وتخللها رواسب سميكة من الغضار ضمن تكوين الموقر (Quennell, 1951). ويوضح شكل (2) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي الحسا .



شكل رقم (2)

التكوينات الجيولوجية في حوض الحسا

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الجيولوجية من مقاييس مختلفة

1.2.2 الطبقات الجيولوجية لحوض وادي الحسا

يمكن توضيح التكوينات الجيولوجية للحوض بما يلي :

مجموعة الصافي :

تعود الى أواخر البروتيروزوي Proberozoic سميت بهذا الاسم نسبة إلى بلدة (الصافي) الواقعة جنوب شرق البحر الميت، وتتوضع هذه المجموعة شرق منطقة الصافي (وادي سرموج) حتى مصنع البوتاس إلى الشمال، وتنتشر أيضاً في منطقة وادي أبو برقة شرق قاع السعيديين، وفي وادي أبو خشيبة، حيث تقسم هذه المجموعة إلى تكوينين :

1. تكوين كونغلوميرات السرموج

هذا التكوين يظهر جنوب شرق البحر الميت، حيث تتشكّل التضاريس الوعرة التي تقطعها الأودية النهرية، ويتكون الصخور النارية وتتوضع عليها الصخور الرسوبية، و يصل سمكها إلى (200 م)، ويعود اسم هذا التكوين إلى (وادي السرموج) الواقع شرق بلدة الصافي أحد روافد وادي الحسا الأدنى، حيث يعود عمر التكوين إلى الكامبري المبكر ، وبذلك يكون من أقدم التكوينات الصخرية في الحوض (Powell, 1988)

ويقسم التكوين إلى نوعين هما :

أ. سحنة الرواهص Conglomerate facies : تتكون من فتات الصخور النارية، وتتباين في حجمها إلى أن يصل قطرها المتر أحياناً، وتتميز بأنها متراصّة الحبات مع بعضها أو مرتبطة بأرضية من مادة ناعمة من الحجر الرملي.

ب. سحنة الحجر الرملي الأركوازي Arkosic sandstone facies: يتشكل هذا النوع على شكل طبقات متعاقبة مع الطبقات الخشنة ، وحجمها يتراوح ما بين الخشن إلى المتوسط، أما طبقاتها فهي كتلية لا تحوي تراكيب رسوبية. (عابد، 2009)

2. تكوين حيالة :

يقع فوق تكوين السرموج، إلى أن ينتهي بسطح عدم التوافق الذي يفصله عن الصخور الحجريّة الرملية والتي تعود لحقبة الحياة القديمة، ويظهر هذا التكوين على السفوح السفلى غرب جبل حيالة الواقع جنوب وادي أبو برقة، حيث يتكون من تعاقب طبقات من فتات البركان والغضار وحجر الغرين، ويصل سمكه ما بين (200-220 م).

ويوجد في التكوين سحنتين هما :

أ. سحنة الفتاتيات البركانية : ويظهر فيها التدرج أو تصبح ناعمة نحو الأعلى، وقد يصل هذا التدرج في سمكه إلى المتر.

ب. سحنة الغضار والغرين الناعمة : وتتكون من رماد بركاني ناعم ترسَّب في بيئة بحيرية، و يصل سمك طبقاتها نحو الملمتر . (عابد، 2009)

مجموعة رم

تعد هذه المجموعة من رواسب حقبة الباليوزوي من حقب الحياة القديمة، وتعد أقدم مجموعة في حقبة الباليوزوي، وتضم هذه المجموعة أربعة تكاوينات هي:

1. تكوين سلب Salibformation : يعود نسبة إلى قاع (أم سلب) شرق قرية (الراشدية)، ويطلق عليه اسم (تكوين حجر رمل سلب الأركوزي)، ويعدّ مكمِّلاً لتكوين (السرموج) شمال وادي الحسا، حيث يتميز باحتوائه على صخور رملية اركوزية وتتكون تحته حبيبات خشنة فيها نسبة عالية من (الفلسبار)، ويزداد سمكه في منطقة السرموج أو وادي نميرة مقابل مصنع البوتاس (وادي الحسا الأدنى) (Powell , 1988).

ويعود عمر التكوين إلى العصر الكامبري الأوسط ، ويختلف سمك التكوين من مكان لآخر، ففي شرق القويره يصل سمكه ما بين (15-60 م)، أما في وادي ضانا فيصل سمكه إلى (60-65 م) وفي جنوب شرق الميت (200-250 م).وتعتبر رواسبها مراوح ركاميّة والتي تشكّل الجزء الأعظم من رسوبيات التكوين. (Amireh , et al , 1994)

2. تكوين برج :

يرجع اسم التكوين إلى خربة البرج في وادي الحسا الأدنى ،ويعود عمره إلى العصر الكامبري الأسفل والأوسط ، ويوصف التكوين بأنّه منحدر حاد بين تكوين (سلب) وتكوين (أم عشرين)، حيث يتكوّن من صخور جيرية والدلوميت. (Powell , 1988)، و يصل سمكه إلى (120 م) ابتداءً من وادي (نميرة) قرب مصنع البوتاس شمالاً، ويقل في الجفر .

3. تكوين الحجر الرملي أم عشرين

يعود اسم التكوين إلى جبل (أم العشرين) وقاع (أم العشرين) ، ويطلق عليه تكوين (أم عشرين الرملي). (سلطة المصادر الطبيعية، 1992)

يتراوح سمكه ما بين (300-350 م)، ويتكوّن من الحجر الرملي متوسط الحبيبات يحوي التطبّق المتقاطع على الحجر الرملي الزهري، والأبيض متوسط إلى خشن الحبيبات، يتحوّل نحو الأعلى إلى حجر رملي رقيق الطبقات ، ومن الحجر الرملي الكتلي البنّي المتوسط إلى خشن الحبيبات، حيث يرجع عمر التكوين إلى العصر الكامبري المتأخرة (عابد، 2009).

4. تكوين الصخر الرملي الديسي (الحجر الرملي الكتلي الأبيض)

يعود عمره ما بين اعلى الكامبري إلى أسفل الردوفيشي ، و يتكوّن من الصخور الرمليّة البيضاء متوسطة إلى خشنة الحبيبات، ويسود فيه التطبّق المتقاطع القاعيّ كبير الحجم الذي يحوي على حصى من الكوارتز. (Bender, 1974)ويبلغ سمك التكوين (120-150 م) جنوب الأردن، ويقل السمك في وادي عربة، وذلك بسبب عمليات الحت. (Amiereh, 1993)

رواسب حقبة الحياة المتوسطة (Mesozioc)

مجموعة الحجر الرملي الكرنب

يعود عمرها إلى الكريتاسي الأسفل، وينتشر على طول مرتفعات شرق وادي الأردن الذي تغطية رسوبيات الصخور الجيرية، حيث توجد نتوءات صخور الرمل الكرنب من مصبّ وادي الحسا إلى منطقة سد التنور.

وقد قسّم (Amireh,1997)الحجر الرملي الكرنب في وسط وجنوب الأردن إلى ثلاثة تكوينات وهي:

1. تكوين الكرك : وهو يعادل الحجر الرملي الأبيض الكتلي، ويتكوّن من الحجر الرملي خشن الحبيبات.
2. تكوين الحمامات : ويتكون من الغرين والطين والحجر الرملي متعدد الألوان، ويتميز بصغر حبيباتها نحو الأعلى.
3. تكوين بير فعاس: ويتكوّن من طبقات متعاقبة من الدولوميت الرملي والصخور الطينية، والمارل، والغضار الأسود، والحجر الرملي الناعم.

مجموعة عجلون

تتكوّن من الصخور الكلسية والمارل وتحتوي على المستحاثّات التي توجد فوق صخور الكرنب الفُتاتية الرملية، ويأتي فوقها صخور مجموعة البلقاء التي تتكون من الصوّان،

والفوسفات، والصخور الجيرية، ويصل سمك مجموعة عجلون في وادي الحسا إلى (340م)، ويرجع عمرها إلى الكريتاس الأعلى ، وقد قُسّمت هذه المجموعة إلى عدّة تكوينات وهي :

تكوين ناعور : يعود عمر التكوين إلى السينومانيان ، ويتكون من الصخر الكلسي، والصخر الكلسي الدولوميتي أصفر اللون، ويمتد التكوين على طول (4 كم) من وادي الحسا، ويصل سمكه في حوض وادي الحسا إلى (85 كم)، حيث يلاحظ انتشار كربونات الدولومايت والحجر الكلسي وبعض الكتل الصوّانية على السفوح الشمالية والجنوبية لوادي الحسا بالقرب من (سد التنور). (Powell, 1989)

تكوين غير متمايز : (الفحيص والحُمَّر والشعيب): حيث تعدّ تكويناً واحداً، وتنتشر على طول وادي الحسا من الشرق والغرب من (سد التنور)، وتتكوّن من صخور المارل، وصخر الغرين الكلسي، والغضار المخضّر، والصخور الطينية ، و يصل سمك هذا التكوين في منطقة الحسا إلى (100 م) في حين وصل سمكها في غرب وادي الحسا إلى (102 م)، ويرجع عمر التكوين غلى السنوماتي – التوروني الأسفل . (Tarawneh , 1996)

تكوين وادي السير : يشكّل الجزء العلوي من مجموعة عجلون، في وادي الحسا يتكون من ترسبّات الحجر الرملي الكلسي ، والحجر الرملي متوسط الحبات ، والحجر الكلسي والمارل ، ويصل سمكه إلى (130 م). وفي الطبقات العليا تظهر الطبقات الكلسية ذات العقد الصوّانية، كما يظهر الرمل في شرق الحوض بالقرب من مناجم الحسا، ويرجع عمر التكوين إلى فترة التورينات. (Burdon, 1959)

مجموعة البلقاء :

تضم هذه المجموعة الصخور الطباشيرية، والفوسفات والصخور الكلسية، والزيتية والمارل والحجر الرملي، ويحوي على رسوبيّات الكريتاسي الأعلى، ويصل سمكها في وادي الحسا أقل من (100 م) وتنقسم إلى أربعة تكوينات وهي :

أ. تكوين الغدران : يعود عمر التكوين إلى الكونسيان – سونسيان، و يتكون من الحجر الجيري والطباشيري والعقد الصوّانية، ويتكشف على طول وادي الحسا بدءاً من المنبع حتى المصّب، ويبلغ سمكه (60م).(Tararwneh, 1996)

ب. تكوين عمّان : يعود عمر التكوين إلى الوسيان – كامباتيان، ويصل سمكه في الحسا حوالي (58 م) ، ويعتبر تكوين عمان الجيري السيليسي أقدم الوحدات الجيولوجية في منطقة وادي البويعجة ، و يتكوّن من صخور الصوان الرماديّ بني إلى أبيض

مـزرق يتخلّلـه طبقـات مـن الصـخور الكلسـيّة والمـارل والطباشـير والـدولومايت ، ويتكشـف فــي جنــوب مــنجم الحســا وفــي الشــمال الغربــي مــن وادي البويعجيــة. (Moumani, 1997)

تكوين فوسفات الحسا : يحتوي على نسبة عالية من الفوسفات ، ويتكون من الصخور الجيرية والصوان والمارل والمستحاثّات ، ويصل سمكه ما بين (40-65 م)، وينتشر هذا التكوين في مناطق تعدين الفوسفات وشمال شرق الحسينية، وشرق بلدة الحسا، وشرق قاع الجينز، وأجزاء كبيرة من النصف الغربي لوادي البويعجية ، حيث صنفها (Moumani, 1997) إلى ثلاث فئات وهي :

عضو السلطاني : يصل سمكها ما بين (15-20 م) ويتكون من طبقات متتابعة من الصوّان الفوسفاتيّة، والحجر الجيري الفوسفاتي، وطبقات رقيقة من المارل الليّنة والفوسفات.

عضو كوكينا البهية : يعلو فئة السلطاني، ويظهر في الروافد العليا شرق وادي الحسا، ويصل سمكه إلى (40 م) ويتألّف من الحجر الجيري بوجود تطبّق متقاطع مع وجود تشققات من معدن الكالسيت.

عضو القطرانة الفوسفاتيّة : تتكوّن من الحجر الجيري والفوسفات، والصوّان والمارل الأصفر ، ويحتوي على الحجر الجيري العقدي، والعُقد الصوّانية وطبقات من الحجر الكلسي الصدفي ، ويتراوح سمكه ما بين (10-15 م).

ج. تكوين الموقّر : قد أُعتبر المارل الأصفر المحمَّر الذي يتخلله طبقات رقيقة من الصوان الرمادي بداية تكوين الموقر ، يتخلّله طبقات رقيقة من الصوان، وعُقيدات من الحجر الكلسي أحياناً مغطّى بطبقة رقيقة من حصى البلايستوسين غير متجانس الحبيبات، معظمه من الصوّان الأسود، ويتميز بظهور الصخر الزيتي في الجزء السفلي، ويظهر في مناطق من مدينة الحسا على سمك (40 م)، وخاصّة في جنوب شرق حوض الحسا، وجنوب شرق قلعة الحسا، ويصل سمكه في شرق وادي البهية إلى (130 م)، يعود عمر التكوين إلى الماسترخيان من حقبة الحياة المتوسطة (الباليوسين) .

د. تكوين الرجام : يعود اسمه إلى جبل الرجام جنوب شرق (جرف الدراويش) في حوض وادي الحسا، ويمثل آخر مجموعة البلقاء، ويتكون من الحجر الطباشيري الكلسي، والحجر الكلسي والصوان، وبعض الفوسفات، وقد تم تعريته في معظم

أجزاء حوض وادي الحسا، ويوجد في مناطق جبل الرجام وجبل طويل الشهاق، و وادي البهية، ويعود عمره إلى عصر الأيوسين ، ويمثل آخر مرحلة الترسيب البحري. (قطيش، 2007)

رواسب حقبة الحياة الحديثة

يمكن تصنيف الرسوبيات السطحية (البلايستوسين و الهولوسين) إلى :

أ. رواسب مارل وادي الحسا (البلايستوسين) :

تتركز هذه الرواسب في الجزء الشرقي من وادي الحسا بدءاً من بلدة الحسا إلى بلدة العينا، ويتكون من الرواسب الغرينية والمارل والطين والحصى وعظام الحيوانات، وتتميز بأنها حصى رديئة الفرز في مناطق متعددة من المنطقة، وتغطي مساحات كبيرة من المنحدرات الشمالية لجبل أم الرجام، حيث تحتوي على الأحجار الناعمة من السلت والطين والتربة إلى الإحجام الجلمودية .

ويصل سمك الرواسب شمال غرب قلعة الحسا إلى (5م) و (45م) على طول وادي الحسا عند المصب، وفي منطقة جرف الدراويش حوالي (15م)، وقد قسّم (Moumani, 1996) التكوين إلى عضوين:

1. عضو جرف الدراويش : يتكون من الحصى الخشن، وكتل من المواد الجيرية، ويصل سمكه إلى (15 م)، ويظهر حول جرف الدراويش، وفي الجزء الشمالي من وادي برمة وحول قلعة الحسا، كما يتكوّن من الرواهص ، والغرين، والكالكريت (كاليش)، والغرين الحصوي والمارل. وتعد الرواهص الأكثر انتشاراً وهي سيئة الفرز ، يتكون من الحصى الصغيرة والكبيرة والجلاميد المشتقة من الصوّان والفوسفات والبازلت .
2. عضو برمة : يصل سمكه إلى (13م) ويتكون من رسوبيات ناعمة من الرمل الناعم، والغرين، والمارل المتعاقب مع الكالكريت، ويظهر حول جرف الدراويش ووادي برمة وفي وادي الحسا، وفي وادي برمة توجد طبقة واضحة من الكالكريت. (عابد، 2009)

ب. رواسب فترة الهولوسين (رواسب مراوح الوادي) :

تغطي الرواسب الجزء الأوسط من الوادي على طول وادي الحسا ، حيث يصل أقصى سمك إلى (10م) وتتكون الرواسب من الحصى سيئة التصنيف يتفاوت حجمها من الحصى وشظايا الصوان، ويتكون من الصوان والحجر الجيري والحجر الرملي.

ويشكل مارل اللسان معظم رواسب المروحة الفيضية لوادي الحسا عند مصبه في قرية النقع في غور الصافي ، وتتكون من رمل وحصى وطبقات رقيقة من التربة (عابد ، 2009).

وتغطي القيعان الطينية مناطق شاسعة من منطقة الدراسة أهمها قاع الجينز، وتتألف هذه القيعان بشكل عام من غرين وطين ترسبت في فترات مناخية رطبة

وتتميز باستواء سحطها مع ميل خفيف نحو القاع، وهي مغلقة تغذيها مياه الفيضان كثير منها يحوي أودية لصرف مياهها إذا ارتفعت إلى مستوى معين مثل قاع الجينز وقاع الفحيلي جنوب شرق بلدة الحسا الذي يخرج منه وادي الحسا (سلطة المصادر الطبيعية، 1994).

التكوينات البازلتية

تنتشر التكوينات البازلتية في الجزء الشمالي الغربي من حوض الحسا وشرق سد التنور، ونتيجة للعمليات التكتونية الذي تعرض له البحر الميت أدى إلى تكوّن الأشكال الأرضية في وادي الحسا، وذلك بسبب التدفقات البركانية التي تعرّضت له هضبة شمال وادي الحسا مما أدّى إلى تآكل الجزء العلوي، ونتيجة هذه التدفقات تشكّلت جبال فوق الهضبة مثل جبل (الرديسية) غرب جرف الدراويش، و (تل برمة) غرب وجنوب غرب جرف الدراويش.

بالإضافة إلى تكوّن الغطاءات البازلتية شمال جرف الدراويش، حيث يلاحظ وجود رقبة بركان في منطقة التنور التي تم حتّها من قبل وادي الحسا. (Moumani, 1997).

وهناك اندفاعات بازلتية تعود إلى عمر البلايستوسين على طول الصدوع مثل الصدوع الموجودة في وادي البويعجية ووادي المشيش ويظهر اندفاعين بركانين رئيسيين : الأول عند التقاء وادي الحسا مع وادي العالية ويتميز بشكل أعمدة بازلتية، والثاني : يوجد على صدع العالية. (Tarawneh, 1996)

2.2.2 الجيولوجيا التركيبية

نظراً لقرب حوض الحسا من حفرة الانهدام التي تعرّضت لحركات تكتونية عبر العصور الزمنية المختلفة، فانتشرت في حوض وادي الحسا مجموعة من الصدوع والطيات شكل (3) ومن أهم الصدوع :

1. صدع الكرك – الفيحاء

تعتبر مجموعة الصدوع ذات الحركة العمودية البسيطة المتجهة جنوب شرق – شمال غرب جزءا من صدع الكرك- الفيحاء الذي يمتد جنوبا ويمتد لمسافة تزيد عن (300

كم) قرب مدينة الكرك حتى داخل حدود المملكة العربية السعودية، ولا يعد ذو نظام متصل، مشكلا منخفضات ومرتفعات صخرية مكوّناً عدد من الأغوار والظهور المتتالية ، ويظهر الصدع في شمال شرق وادي البويعجة في حوض وادي الحسا. (سلطة المصادر الطبيعية ، 1994)

2. صدع العرجة – عوينة الالتوائي

يمتد من جبل البتراء في الجنوب إلى عدة كيلو مترات من جبل عنيزة شمالاً، ويتكون من مجموعة من الأغوار والظهور، ويمتد باتجاه شمال جنوب إلى الشمال الغربي، وقد ساهم في تشكّل الاندفاعات البركانية في شمال الصدع. (J.I.C.A, 1990)

3. صدع سلوان

يقطع بلدة منطقة الحسينية الجنوبية من الشرق إلى الغرب ، ويقطع الجزء الجنوبي الغربي لوادي البهية ، ولا يعد تركيباً متصلاً، حيث يتكوّن من مجموعة صدوع صغيرة، ويبدو أن للصدع دورة في تكونه، وذلك لظهور حجر الرمل الكرنب وتصل الحركة الأفقية له (7كم).

4. صدع وادي الحسا

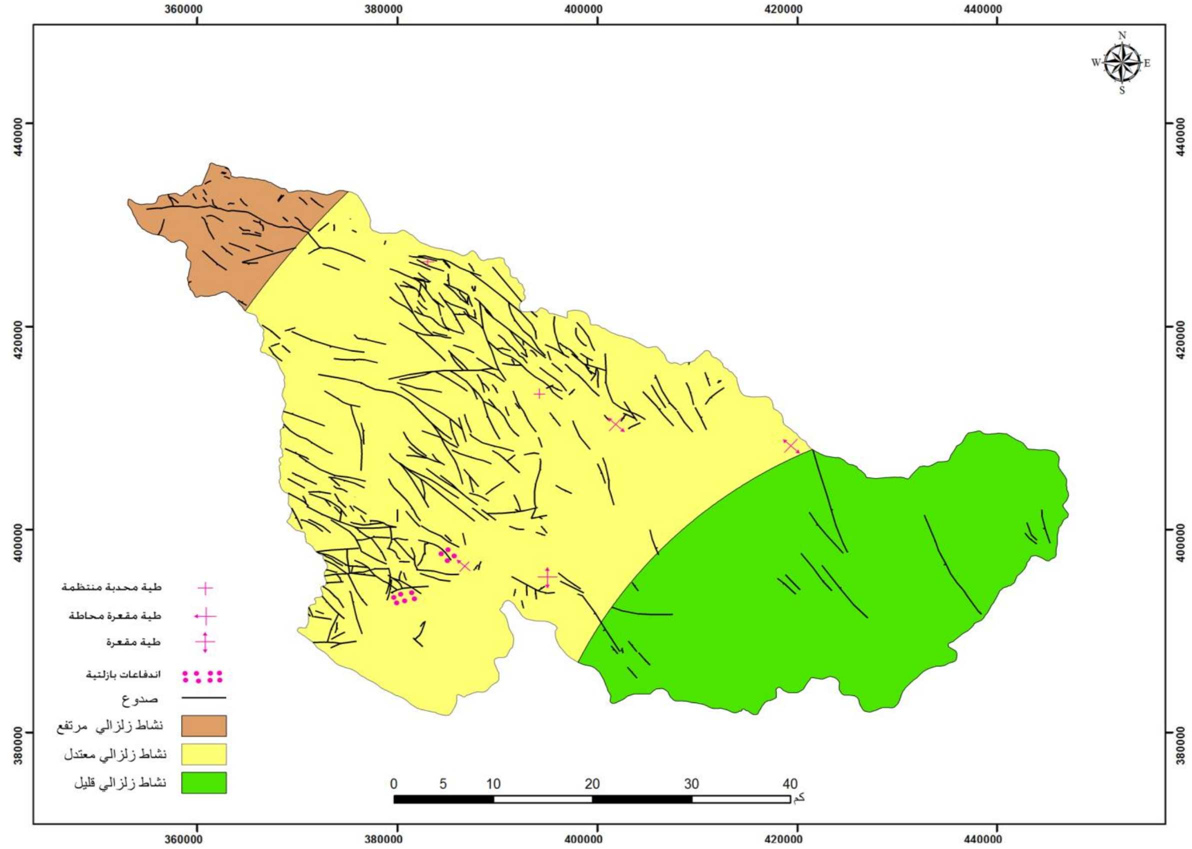
يعدّ سبب في تشكّل وادي الحسا، وتكون المنخفضات والمرتفعات داخل الحوض، ويمتد باتجاه شمال غرب - جنوب شرق من مناجم الفوسفات شرقاً إلى جنوب البحر الميت غرباً .

حيث تهبط المنطقة الجنوبية من الصدع في بعض المناطق نحو 250م ويتميز بالتعرج، ويمتد من تكوين الغدران إلى تكوين (أم عشرين) ، وهناك يتشعب إلى فرع وادي سعيد (برمية كبيرة) ، وفرع وادي السرموج . (Bender, 1974).

5. صدع العالية : يمتد باتجاه شرق – غرب ويتميز بوجود الميول المتعاكسة وكذلك نطاق عريض من البريشا وقد يدل على وجود حركة أفقية على هذا الصدع ويشكل هذا الصدع مع صدع وادي الحسا منخفض يضيق باتجاه الشرق .

6. صدع ضانا : لا يظهر أثر الصدع بشكل واضح لكونه يقطع تكوين الموقر الطباشيري عالي التعرية ، ويقطع الأجزاء الشمالية الغربية من وادي البهية ، ويصاحب هذا الصدع رميات متبادلة للشمال والجنوب.

إضافة إلى الصدوع السابقة تنتشر الصدوع الصغيرة مثل : صدع الدميثة وصدع البهية وصدع المحمل . فصدع البهية وصدع المحمل يشكلان نتق البهية في شمال وادي البهية .



شكل رقم (3)
التركيب الجيولوجي لحوض الحسا
المصدر : الباحث بالاعتماد على الخرائط الجيولوجية من مقاييس متعددة

الطيات المحدبة والمقعرة

توجد مجموعة من الطيات في جبل أم الرجام وتكون باتجاه شمال شرق – جنوب غرب . و يوجد طية مقعرة غاطسة شمال غرب قرية جرف الدراويش ويكون محورها باتجاه شمال شرق – جنوب غرب وطية محدبة بالقرب من طرف جرف الدراويش ومحورها باتجاه شرق شمال شرق – غرب جنوب غرب . (سلطة المصادر الطبيعية ، 1994)

ويلاحظ وجود مقعرين :

1. مقعر الرويحي : يمتد جنوب شرق – شمال غرب ويغوص باتجاه الجنوب الشرقي.
2. مقعر الشقيرا : يمتد جنوب شرق – شمال غرب .

يأتي الاهتمام بدراسة التكوينات الجيولوجية من ارتباطها بالعناصر المكونة للتربة ، والطبقات الحاملة للمياه الجوفية. و تتوقف نفاذية التكوينات الصخرية على حجم الفراغات

والشقوق التي تحتويها ، إذ تؤثر النفاذية على الجريان السطحي ، وتمثل رواسب الحجر الرملي والمارل والطين والحجر الجيري والحجر الكلسي والتي تغطي مساحات واسعة من حوض وادي الحسا أكثر الأحواض غني بالمياه الجوفية لنفاذيتها العالية لمياه الأمطار ، وينتشر بشكل كبير في المناطق الشرقية التركيب الرملي والسحنات الرملية المفككة ، وفي المناطق الجنوبية تنتشر السحنات الكلسية التي تتميز بنفاذيتها العالية نتيجة تأثرها بالحركات التكتونية وبذلك فيه أغنى المناطق بالمياه الجوفية في الحوض ، وتم تصنيف تكوينات الحوض تبعا لنفاذيتها ، عالية ومتوسطة وضعيفة النفاذية ،ويوضح الجدول رقم (1) نفاذية الحوض .

جدول رقم (1)
نفاذية الحوض

النفاذية	التكوينات الصخرية	المساحة	النسبة %
عالية	التكوين الجيولوجي، الحجر الجيري، و الجير الطباشيري والرملي، والفوسفاريت، وكوكينا وتكوينات الزمن الرابع (الكريتاسي – الجوراسي)	1033.87	%41.25
متوسطة	المارلي (الكاميني) والمارل (الكريتاسي – الميوسان) (الجوراسي – الكريتاسي – ابيوسان)	1277.27	%50.96
ضعيفة	البازلت، والطفل، تكوين الموقر	195.47	%7.8
المجموع		2506.61	%100

المصدر: عمل الباحث

يلاحظ من الجدول رقم (1)أن نفاذية الحوض تراوحت ما بين عالية إلى متوسطة ، فتراوحت النفاذية عالية بنسبة 41.25% مساحة الحوض ، بينما النفاذية المتوسطة كانت 50.96% من مساحة الحوض ، والتي تنتشر في الحوض تكوينات الصخور الجيرية والرملية وتكوينات الزمن الرابع ، في حين كانت نفاذية الحوض ضعيفة والتي بلغت النسبة 7.8% من مساحة الحوض . ومن حيث احتمالية وجود المياه الجوفية فإن احتمالية المياه الجوفية جيدة في الحجر الرملي الأركوازي إلى السلكي الخشن ، والحجر الرملي الخشن التي تنتشر فيه طبقة من الفواصل ، وفي المارل الكلسي مع طبقات رقيقة من الجبس، وفي الصخر الكلسي، والصوان المتوسط التطبق .

يتميز الحجر الكلسي المتكتّل الذي يعلوه المارل ، والحجر الكلسي السيليسي مع الصوان الذي يعلوه الفوسفات ، والرمل الحصى مع طبقة من التربة باحتمالية ممتازة بوجود المياه الجوفية . في حين طبقات الطباشير الناعم والمارل الطباشري الليّن ، والرصاص الحصوي مع الرمال

الطباشيري ، والطين والحجر الرملي الجيري ، والرمل الجيري ، والكالكريت الناعم والطباشيري مع المارل تفتقر بالمياه الجوفية .

3.2 الظروف المناخية في الحوض

يقع ضمن حدود منطقة الدراسة محطات الرصد وهي : محطة الحسا/ التبخر، ومحطة جرف الدراويش، ومحطة عابور، والحسا/ المخفر، والحسا/ محطة قياسات المياه، التي يمكن الاعتماد عليها لمعرفة سمات المناخ لمنطقة الدراسة، ونظراً لقرب المحطات المناخية التالية من بعضها وهي محطة الحسا / التبخر، والحسا/ المخفر، والحسا / محطة قياسات المياه، وبذلك لا يوجد فروقات مناخية بينها، إضافة إلى عدم توفر بيانات مناخية كافية لها عدا محطة الحسا / التبخر، لذلك تم الاعتماد على ثلاث محطات مناخية داخل حدود الحوض لتعبر عن الوضع المناخي في أدنى ووسط وشرق الحوض، والاعتماد على البيانات المرصودة في محطة مناخية أخرى واقعة بالقرب من منطقة الدراسة وهي محطة المزار لتعبِّر عن الوضع المناخي للمرتفعات الجبلية الواقعة في الشمال الغربي من الحوض.

يلعب المناخ دوراً مهماً في التأثير بشكل مباشر في حدوث الجريان السطحي، وتحديد كميات الفائض أو العجز المائي، كما يؤثر على التوزيع والتنوع النباتي في المنطقة .

تتباين الظروف المناخية في حوض وادي الحسا تبعاً للتباين في التضاريس ما بين المناطق الشرقية والغربية في الحوض، حيث يبلغ الارتفاع غرب محطة جرف الدراويش جنوب شرق الطفيلة حوالي (1605م) فوق مستوى سطح البحر، وينخفض بالاتجاه شرقاً، ويقل الانحدار في الأجزاء الشرقية من الحوض ويتسارع الانحدار نحو المصب في البحر الميت .

كما تتباين التضاريس ما بين المنابع العليا في منطقتي قاع الجينز وقاع الفحيلي، حيث يصل منسوب جبل أم الرجام (1173م) فوق مستوى سطح البحر، وفي جبل طويل الشهاق (1095م) فوق مستوى سطح البحر، وينخفض المنسوب في الأجزاء الغربية إلى (322 م) تحت مستوى سطح البحر .

تحاول هذه الدراسة التعرّف على العلاقة بين مقدار الأمطار الساقطة، ومجموعة من المتغيرات ذات العلاقة لمعرفة مدى الاستفادة من هذه الأمطار سواء أكانت مياهاً سطحية موسمية الجريان، أو دائمة الجريان، أو مياه ينابيع، كما أنّ هذه المتغيرات تدخل في معادلات رياضية مثل معادلة (بنمان وكوبن وتيرك) لحساب كمية التبخر- النتح .

1.3.2 العناصر المكوّنة لمناخ حوض وادي الحسا

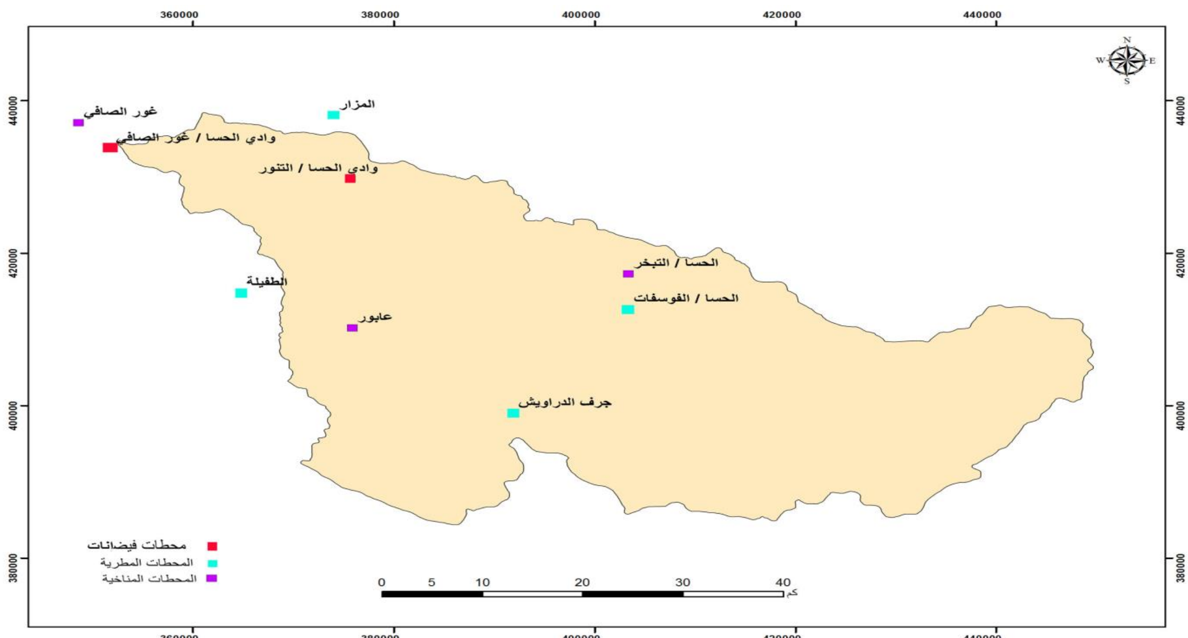
للتعرف على العناصر المناخية لمنطقة الدراسة تم استخدام عدة محطات مناخية و أخرى تقيس الفيضان الجدول (2)، كما يبين الشكل (4) التوزيع الجغرافي لها .

جدول رقم (2)

محطات الرصد وإحداثياتها وارتفاع المحطات في منطقة الدراسة

اسم المحطة	خط الطول(X)	دائرة العرض (Y)	الارتفاع / م	نوع المحطة
الحسا	401220.2413	414312.2501	865	مناخية
جرف الدراويش	391463.4657	395929.6704	946	مطرية
مشتل الأمير حسن (عابور)	375664.2526	410768.1815	1251	مناخية
المزار	391521.7957	493688.6467	1259	مطرية
غور الصافي	352219.461	437145.7932	- 322	مناخية
وادي الحسا/ التنور	377090.5261	429144.7524	664	فيضان
وادي الحسا / غور الصافي	355159.2203	433601.1686	693	فيضان
الطفيلة	366850.123	413901.2254	1324	مطرية

المصدر: وزارة المياه والري، 2010.



شكل رقم (4)

موقع توزيع المحطات .

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري

الحرارة :

تتباين معدلات الحرارة مكانياً وزمانياً تبعاً للتباين في التضاريس الجدول(3)، حيث يزداد معدل درجة الحرارة من الشمال إلى الجنوب فيصل معدل درجة الحرارة السنوي في محطة عابور الواقعة على ارتفاع(1251م) فوق مستوى سطح البحر، والتي تمثل المناطق الشمالية الشرقية من الحوض إلى (16.42 مْ)، بينما المعدل إلى (17.84) في محطة الحسا الواقع على ارتفاع (865م) فوق مستوى سطح البحر الواقعة في وسط وجونب غرب الحوض، في حين تصل درجة الحرارة في محطة غور الصافي الواقعة في غرب الحوض الواقع على ارتفاع (322 م) تحت مستوى سطح البحر إلى (25.97 مْ) والشكل رقم (5) يبين خطوط تساوي المعدلات السنوية لدرجات الحرارة في الحوض .

جدول رقم (3)
الخصائص المناخية العامّة للمحطّات المناخيّة الممثّلة للحوض (مْ)

العنصر	الحسا	غور الصافي	عابور
معدل درجة الحرارة العظمى	24.8	30.95	22.26
معدل درجة الحرارة الدنيا	10.89	20.99	10.59
معدل درجة الحرارة	17.84	25.97	16.42
معدل السطوع الشمسي /الساعة	8.81	8.75	8.25
معدل الرطوبة النسبية	%54	%50.6	%55.92
معدل سرعة الرياح / الساعة	6.14	3.65	8.36

المصدر: وزارة المياه والري،1980- 2010

درجات الحرارة الشهرية في الحوض

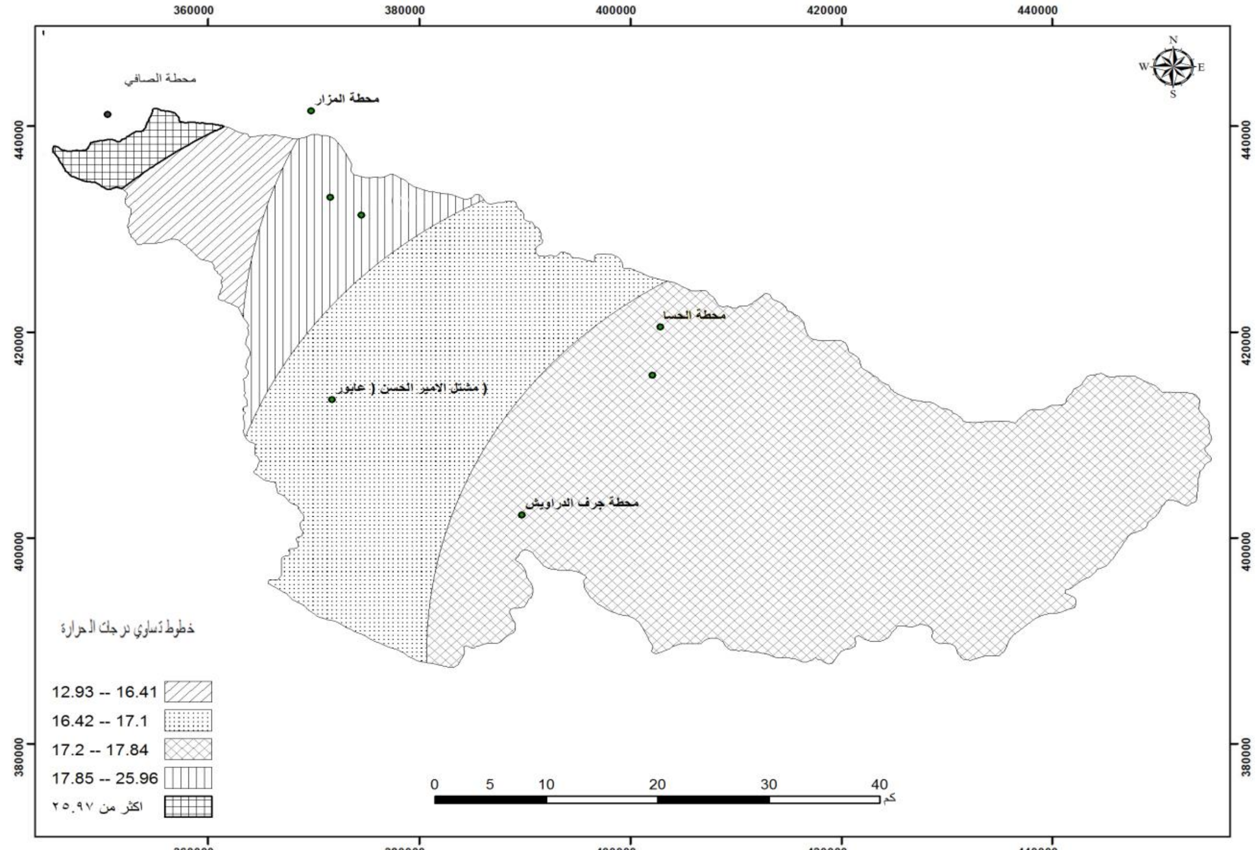
نتيجة انخفاض الرطوبة النسبية في الحوض وانخفاض نسبة الغيوم الذي أدى إلى صفاء السماء وشدة سطوع الإشعاع الشمسي، أثّر كل ذلك على ارتفاع درجات الحرارة صيفاً، ويوضح الجدول رقم (4) درجات الحرارة العظمى والصغرى ومعدل درجات الحرارة موزعة على شهور السنة في محطات الحسا ومشتل الأمير حسن (عابور) وغور الصافي .

جدول رقم (4)

درجات الحرارة الصغرى والعظمى ومعدل درجات الحرارة في حوض وادي الحسا (مْ)

الشهر	الحسا			غور الصافي			عابور		
	الحرارة لعظمى	الحرارة الصغرى	معدل درجات الحرارة	الحرارة لعظمى	الحرارة الصغرى	معدل درجات الحرارة	الحرارة العظمى	الحرارة الصغرى	معدل درجات الحرارة
كانون ثاني	13.84	2.93	8.38	21.47	12.71	17.0	11.14	3.1	7.12
شباط	15.85	4.32	10.08	23.22	12.94	18.0	12.09	2.39	7.24
آذار	18.75	6.36	12.55	24.97	15.95	20.4	17.5	7.1	12.28
نيسان	25.11	10.33	17.72	30.6	19.78	25.1	21.6	10.11	15.86
أيار	29.31	13.69	21.5	35.54	23.3	29.4	26.39	12.31	19.35
حزيران	31.89	15.87	23.88	37.78	27.05	32.4	29.8	16.24	23.02
تموز	32.99	17.85	25.42	40.54	28.74	34.6	31.35	17.17	24.26
آب	33.29	17.69	25.49	39.84	28.7	34.2	31.53	17.21	24.37
أيلول	31.95	16.13	24.04	36.26	27.54	31.9	28.89	15.73	22.31
تشرين أول	27.72	12.98	20.35	32.78	24.52	28.6	25.56	12.72	19.14
تشرين ثاني	21.2	8.42	14.81	26.64	17.69	22.1	17.31	9.13	13.22
كانون أول	15.74	4.19	9.96	21.85	12.99	17.4	13.9	3.9	8.90

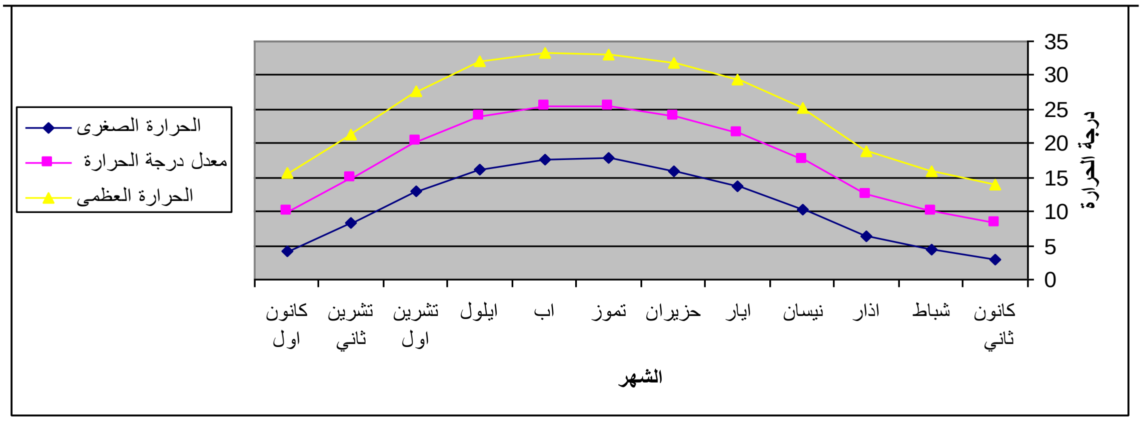
المصدر: بالاعتماد على وزارة المياه والري،1980- 2010



شكل رقم (5)

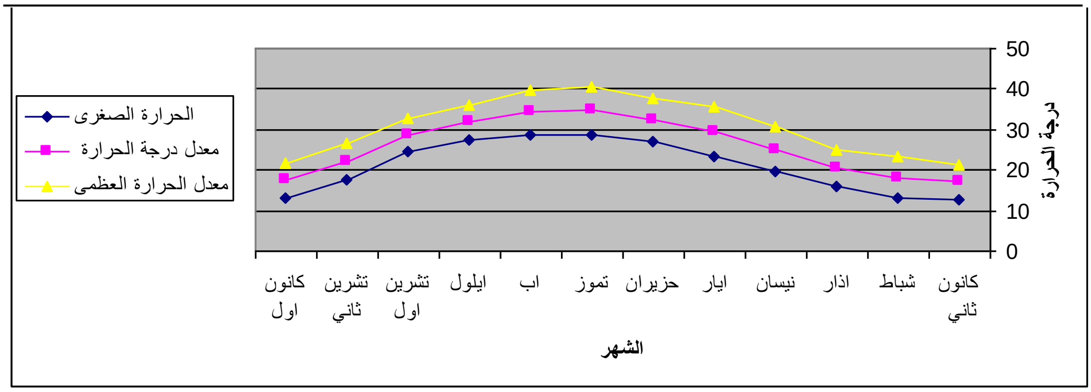
خطوط تساوي درجات الحرارة في حوض وادي الحسا

ويمثل الشكل رقم (6 و7 و 8) توزيع درجات الحرارة العظمى والصغرى ومعدل درجات الحرارة في الحوض.



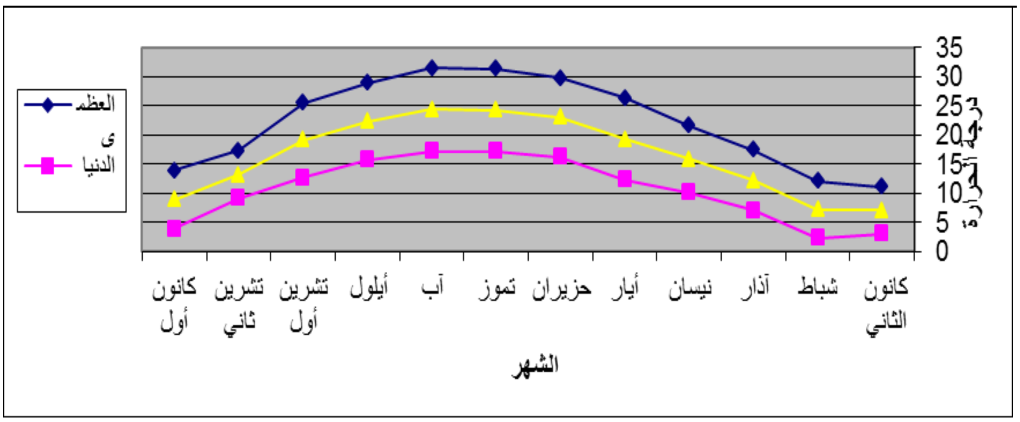
شكل رقم (6)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى والمعدل العام لمحطة الحسا في حوض وادي الحسا



شكل(7)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى والمعدل العام لمحطة غور الصافي في حوض وادي الحسا



شكل رقم (8)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى والمعدل العام لمحطة عابور

الرطوبة النسبية

لوقوع حوض وادي الحسا ضمن الإقليم الجاف وشبه الجاف، والذي يتميز بانخفاض معدلات الأمطار وصيف جاف طويل، وارتفاع معدلات درجات الحرارة، الأمر الذي أدّى إلى انخفاض الرطوبة النسبية، ويتراوح معدل الرطوبة النسبية في منطقة الدراسة ما بين (50.3%-55.92%)، فهي (54% و 50.6% و 55.92%) في كل من محطة الحسا، وغور الصافي، وعابور على التوالي، ويبين جدول رقم (5) الرطوبة النسبية وسرعة الرياح والاشعاع الشمسي موزعة على شهور السنة في المحطات الثلاث .

جدول رقم (5)

الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة

الشهر	الحسا			غور الصافي			عابور		
	الرطوبة النسبية %	سرعة الرياح كم / الساعة	الإشعاع الشمسي ساعة / اليوم	الرطوبة النسبية %	سرعة الرياح كم / الساعة	الإشعاع الشمسي ساعة / اليوم	الرطوبة النسبية %	سرعة الرياح كم / الساعة	الإشعاع الشمسي ساعة /اليوم
كانون ثاني	66	9.8	5.17	63	5.38	7.17	67	14.15	5.11
شباط	61	8.06	7.89	60	5.98	7.31	62	9.32	6.7
آذار	57	4.63	8.12	56	4.28	8.12	57	7.61	7.8
نيسان	51	6.25	10.09	44	1.87	10.09	54	6.26	9.7
أيار	47	3.61	10.54	43	3.46	10.54	52	5.46	9.34
حزيران	44	3.17	10.73	41	2.52	11.73	48	6.18	10.3
تموز	46	3.8	12.75	40.7	4.72	11.75	49	5.59	11.8
آب	48	3.63	11.23	41	1.89	13.04	50	7.93	10.4
أيلول	52	5.49	8.31	52	2.77	12.23	53	6.16	8.18
تشرين أول	55	7.32	6.43	56	2.64	9.74	56	6.79	6.3
تشرين	59	8.43	6.97	54	4.05	8.1	60	11.46	6.2
كانون أول	62	9.57	7.52	57	4.24	9.52	63	13.39	7.2

المصدر: وزارة المياه والري،1980- 2010

فقد سجل أعلى معدل رطوبة نسبية في محطة الحسا في شهر كانون الثاني حيث بلغ (66%) في حين وصل أعلى معدل رطوبة نسبية في محطة عابور في شهر كانون الثاني حوالي (67%)، وقد سجل شهر حزيران اقل معدل للرطوبة النسبية في محطتي عابور والحسا حوالي(44% و 48% على التوالي)،بينا سجل شهر تموز أدنى معدل للرطوبة النسبية (40.7%) في محطة غور الصافي.

الرياح

يعود أهمية حساب سرعة الرياح إضافة إلى العناصر المناخية الأخرى لمعرفة كمية التبخر والتبخر- النتح لأية محطة مناخية، فزيادة سرعة الرياح يؤدي إلى زيادة كمية التبخر، كما أنَّ حركة الرياح تؤدي إلى إزاحة الطبقة وإبعادها عن سطح الماء، مما يقلل مقدار ضغط البخار في طبقة الهواء القريبة من السطح، وهذا بدوره يؤدي إلى استمرار علمية التبخر، وبذلك فإن عامل الرياح يعتبر من العوامل المنشطة لعملية التبخر وتزداد معدلات التبخر كلما زادت سرعة الرياح.

تختلف سرعة الرياح من مكان لآخر، ومن وقت لآخر نتيجة التباين في الضغط الجوي والتضاريس، فكلما أصبحت التضاريس أكثر انسجاماً، وقل تحدُّر الضغط الجوي تقل سرعة الرياح، والعكس صحيح، الجدول رقم (5) .

تسود الرياح الغربية في معظم أيام السنة في منطقة الدراسة وهو الاتجاه العام للرياح في الأردن، في حين أن معظم الأيام الماطرة في فصل الشتاء يتحول اتجاهها إلى رياح شمالية غربية

سطوع الإشعاع الشمسي

تعود أهمية دراسة عدد ساعات السطوع الشمسي لدورها في كمية الطاقة الشمسية التي يتلقاها سطح الأرض، ولما لها من تأثيرات على العناصر المختلفة، ومنها تحديد عملية التبخر – النتح، ولزيادتها من سرعة حركة الجزئيات، وانخفاض لزوجة الماء.

يبين الجدول رقم (5) أن التباين في معدل ساعات سطوع الشمس قليل بين مناطق الحوض فيبلغ معدل ساعات سطوح الشمس في محطة الحسا (8.81 ساعة / اليوم)، بينما بلغ المعدل في محطة غور الصافي (8.75 ساعة / اليوم)، وفي محطة عابور (8.25 ساعة / اليوم).

التبخر – النتح الحقيقي

لمعرفة كمية التبخر في حوض وادي الحسا أهمية بالغة في حساب الموازنة المائية، ويشكل عنصراً أساسياً في هذه الدراسة لا يقل أهمية عن العناصر المناخية المقاسة الأخرى .

يقاس التبخر الشهري لأي محطة مناخية بواسطة حوض التبخر صنف (أ) وخاصة في الأقاليم المدارية، أو شبه المدارية ،أو الأقاليم الأخرى التي لا يسقط عليها المطر طوال العام وهو غير ممثل لكمية التبخر الكامن الذي يدخل في حساب الموازنة المائية .

الاعتماد على حساب كمية التبخر من الحوض صنف (أ) يفترض وجود مسطحات مائية طوال العام (سعد، 1986)، وهذا غير متوفر في الأردن .

لحساب التبخر– النتح الحقيقي، فقد اعتمدت معادلة (تيرك) والتي تعتمد على عاملين رئيسيين هما درجة الحرارة وكمية الأمطار الساقطة السنوية.

أما بالنسبة للعامل الثاني من المعادلة والممثل بدرجة الحرارة في المحطات المطرية التي اعتمدت في منطقة الدراسة، فقد تم حسابها خلال الأشهر الماطرة (تشرين ثاني، كانون أول، كانون ثاني، شباط، آذار)، ولعدم توفر بيانات لدرجات الحرارة لمحطة المزار فقد اعتمد الباحث على درجات الحرارة لمحطة الربة ونظرا لقرب المحطتين من بعضهما ولا يوجد فرق في المناخ بينهما، وبناءً على معدل تناقص درجة الحرارة مع الارتفاع بين المحطتين تم حساب معدل درجات الحرارة لمحطة المزار، يوضح الجدول رقم (6) معدل الأمطار السنوية خلال الشهور الرطبة في المحطات المطرية ومعدلات درجات الحرارة .

جدول رقم (6)

معدلات وحجم الأمطار الساقطة ودرجات الحرارة

المحطة	معدل كمية الأمطار /ملم	حجم الأمطارم.م^3	معدل درجة الحرارة(مْ)	الارتفاع عن سطح البحر(م)
الحسا	49.44	46.57	11.16	865
جرف الدراويش	72.62	60.46	10.52	946
مشتل الأمير حسن (عابور)	190.74	83.51	9.75	1251
المزار	284.33	83.68	6.75	1259

ووفقاً لمعادلة (تيرك) فقد تم حساب التبخر – النتح الحقيقي لكل محطة مطرية فيوضح الجدول رقم (7) معدل التبخر – النتح الكامن .

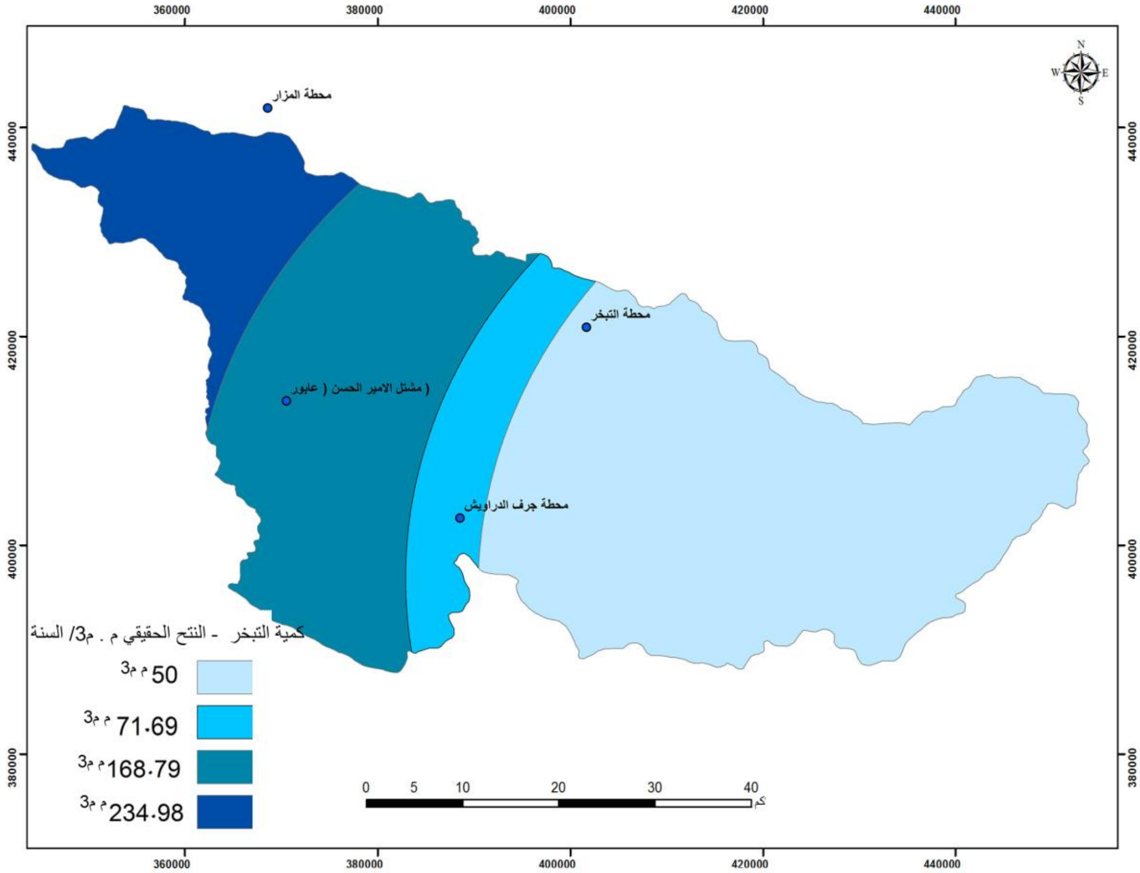
جدول رقم (7)

كمية التبخر – النتح الحقيقي في حوض وادي الحسا

اسم المحطة	التبخر – النتح الحقيقي ملم/ السنة	مساحة المحطة كم^2	حجم التبخر م.م^3/السنة
الحسا	50.97	941.9	48
جرف الدراويش	74.1	832.6	61.69
مشتل الأمير حسن (عابور)	182.7	437.8	79.98
المزار	243.02	294.31	71.52
المجموع	550.79	2506.61	261.19

يتضح من الجدول بأن كمية التبخر- النتح الحقيقي في حوض الحسا بلغت حوالي 261.19 م م^3، بنسبة 95% من كمية حجم الأمطار الساقطة على الحوض خلال الموسم المطري، ويلاحظ بوجود تباين في معدل التبخر بين المحطات الممثلة للحوض، حيث تتصف المحطات الواقعة في وسط وجنوب شرق الحوض بمعدل أقل من التبخر رغم وقوعها في الإقليم

الجاف ويعود السبب في ذلك بانخفاض معدلات الأمطار السنوية التي تتلقاها وانخفاض ارتفاعها مقارنة بالمحطات الأخرى، والتي تمثل مساحات كبيرة ولذا يرتبط سلوك التبخر بمعدل الأمطار ودرجات الحرارة، وبذلك يلاحظ بأن الحوض يعاني من انخفاض كبير في كميات المياه المتاحة شكل(9).



شكل رقم (9)
كمية التبخر - النتح الحقيقي في حوض وادي الحسا

2. 3.2 التصنيف المناخي

يعدّ المناخ نتاج التفاعل للعناصر الجوية مع بعضها من جهة، ومع عناصر البيئة الأخرى من جهة أخرى، وقد اختلف العلماء في تصنيف المناخ لأية منطقة، فبعض العلماء مثل Mortonne & Koppen اعتبروا أنّ الحرارة والأمطار هي العوامل الرئيسة في تصنيف المناخ، البعض الآخر يعتبر أنّ الأمطار، والحرارة، والتبخر هي العوامل المهمّة في تصنيف المناخ ومن هؤلاء العلماء Thornthwaite .

أمّا بالنسبة للتصنيف المناخي في الأردن فاعتمدت وزارة الزراعة في الأردن فاعتبرت أنَّ كمية الأمطار الساقطة هي المعيار الأساسي في تصنيف المناخ في الأردن، وبما أنّ المعلومات المناخية المطلوبة متوفرة فإنه يمكن اعتماد هذه التصنيفات على حوض وادي الحسا لمعرفة المناخ السائد في منطقة الدراسة .

وإن قرينة الجفاف في هذه الحالة هي :

ط = 2ح كحد فاصل بين الجفاف والرطوبة.

حيث أنّ المعدل السنوي للأمطار على الحوض = (ط) سم /السنة = 14.93 سم / السنة ومتوسط درجة الحرارة (ح) = 16.1مْ .

وبذلك فإن الحد الفاصل بين الجفاف والرطوبة هو ط = 16.1× 2 =32.2 سم وبذلك فان الحوض يقع ضمن المناخ الجاف

تصنيف وزارة الزراعة الأردنية

تقوم وزارة الزراعة في الأردن في تصنيف المناخ بناءً على معدل الأمطار الساقطة كالتالي:

1. المناخ الرطب وأمطارها أكثر من (600) ملم/ السنة .
2. المناخ شبه رطب والذي يتلقى أمطار ما بين (400-600) ملم/السنة .
3. مناخ شبه جاف والذي يسقط عليه أمطار ما بين (200-400) ملم / السنة.
4. المناخ الجاف وأمطاره أقل من (200) ملم/السنة .(سعد، 1986) .

وبما أنّ موسم سقوط الأمطار على منطقة الدراسة هو فصل الشتاء فقط، وبناءً على التصنيف السابق، فإنّ معدل سقوط الأمطار على الحوض (149.28ملم)، ويتباين من منطقة لأخرى، وبذلك فإنّ المناخ السائد في الحوض هو المناخ الجاف وشبه الجاف .

تصنيف كوبن Koppen(1938) (شحادة، 1983).

قسّم كوبن العالم إلى خمسة أقاليم مناخية رئيسة و (13) إقليم مناخي ثانوي، ومنها :المناخ الجاف وشبه الجاف (B)، حيث ربط عنصري الحرارة والأمطار.

وميز بين المناخ الجاف وشبه الجاف الاستبس بناءً على المعادلة الآتية:

$\frac{ط}{ح}$ إذا كانت الأمطار طوال العام.

$\frac{ط}{ح + 7}$ إذا كانت الأمطار مركّزة في الصيف.

ط = 2×ح إذا كانت الأمطار مركّزة في الشتاء.

إذا كانت قيمة (B) أقل من واحد صحيح يكون المناخ جاف .

إذا كانت قيمة (B) أكثر من واحد صحيح يكون المناخ رطباً .

وحيث أنّ خصائص هذه الأقاليم تنطبق عليه من خلال المعادلة التي عدلها كوبن

$\frac{ط}{ح + 7}$ = إذا كان تساقط الأمطار مركّز طوال العام.

$\frac{ط}{ح + 14}$ = إذا كان تساقط الأمطار مركّز في الصيف.

$\frac{ط}{ح}$ = إذا كان تساقط الأمطار مركّز في فصل الشتاء.

إنّ معدل سقوط الأمطار في منطقة الدراسة = 149.28 ملم/ السنة = 14.92 سم، ودرجة الحرارة =16.1 مْ فإن :

$\frac{ط}{ح}$ = 0.92 وبهذا فإن المناخ السائد يكون ضمن الإقليم الجاف .

3.3.2 هيدرولوجية حوض وادي الحسا

تتكشف في حوض وادي الحسا مجموعة من الوحدات الهيدروجيولوجية، ويلاحظ أن الوحدات تتألف من الصخور الرملية، ومنها الخزانات التي تتألف من الصخور الكربوناتية والسيلكاتية ،ومن أهم الخزانات المائية في الحوض هي: (عواد، 2001) .

1.خزان عمان – وادي السير المائية (B_2-A_7)

يعد هذا الخزان الأهم في مكونات الكريتاسي الأعلى، ويتألف من :

أ. وحدة عمان(B_2)يتألف من طبقة(B_{2a})المؤلفة من الصوان، وطبقة الجير السيلكي والطباشير والصوان، وطبقة (B_{2b})المكونة من الفوسفورايت والجير والمارل

ب.وحدة وادي السير (A_7) تتألف من (A_{7a}) المكونة من المارل، وطبقة (A_{7b}) التي تتألف من المارل الجيري والجير الدولومايتي، ويعتبر من أكثر الطبقات الحاملة للماء (Bender, 1974) .

2. خزان عجلون السفلي (A_1-A_6)

يتواجد خزان عجلون السفلي أسفل خزان عمان – وادي السير وهو مؤلف من مجموعة من الوحدات الصخرية الممثلة بالحجر الرملي، والمارل، والطين (Clay و Shale) والذي تصل سماكته إلى 100 م (J.I.C.A , 1990) .

3. وحدة الكرنب الرملية

يتكون الخزان من كتلة متماسكة من الحجر الرملي ذو الحبيبات سهلة التفتت متعددة الألوان، وقد تعرضت إلى حركات تكتونية ساهمت في زيادة نفاذيتها مما جعلها طبقة مائية جيدة (الشامل للهندسة، 1998) .

الأنظمة المائية الجوفية Aquifer systems

1. طبقة المياه الجوفية في وحدة عمان – وادي السير (B_2 – A_7)
2. الطبقة الجوفية السفلى Lower Aquifer

تتضمن مجموعة الكرنب الرملية التي تتوضع فوق صخور الكامبري الرملية، وتبرز على شواطئ البحر الميت بسمك يبلغ (300 م)، وتتكشف هذه الطبقة في الجهات الغربية من الحوض، وتعد من الطبقات المائية الجيدة (Bender, 1974)

3. الطبقات الجوفية الوسطى Middle Aquifer System

تعود طبقات هذا النظام إلى مجموعة من التكوينات : (قطيش، 2007)

أ. تكوين Nour Aquifier (A_1– A_2)

يتوضع فوق طبقة الكرنب الرملية ومن أقدم الطبقات العجلونية والتي يرجع عمرها إلى العصر الكريتاسي الأوسط – السنوماني، ويتراوح سمكها ما بين (250-325 م)، وتصنيفها من حيث حملها للماء بأنها جيدة، وذات مصدر مائي للينابيع في الحوض (عابد، 2009).

ب. تكوين الفحيص / الحُمّر / شعيب F/H/S Aquifer (A_3 / A_4 / A_{5-6})

تكوين الفحيص: يرجع عمرها إلى العصر الكريتاس الأوسط– السنوماني، وهي شبه منفذة للماء ودرجة حملها للمياه ضعيفة، ويتراوح سمكها ما بين (8-120م).

تكوين الحُمَّر : يرجع عمرها إلى العصر الكرتياس الأوسط السنوماني، وهي من الطبقات الجيدة الحاملة للمياه، ويتراوح سمكها ما بين (60-120 م)، حيث تخرج منها الينابيع كتصريف طبيعي (Bender, 1974)..

تكوين شعيب : يرجع عمرها إلى العصر الكريتاسي الأوسط – التوروني، حيث تتكون من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي، أما إمكانية حملها للماء فهي ضعيفة وشبه منفذة للما ويبلغ سمكها حوالي (70م).

ج. تكوين وادي السير Wadi EL-Sir Aquifer(A_7)

تعتبر هذه الطبقة من أكثر الطبقات الحاملة للماء، ويتم تغذية المياه الجوفية في أجزاء المناطق المرتفعة من منطقة ويتراوح سمكها ما بين 65- 300م (عابد، 2009).

د. تكوين أم الغدران Wadi Umm Ghaudran

يُعد من الطبقات الفقيرة، وتشكل حاجزا هيدروليكا بين تكوين وادي السير (A_7) وتكوين عمان (B_2)

ه . تكوين عمان Amman Formation

يعلو تكوين الرصيفة، ويتكون من وحدتين فرعيتين :

1. B_{2a} في الجزء السفلي من التكوين .
2. B_{2b} وتتوضع في الجزء العلوي.

تلعب التراكيب الجيولوجية دوراً رئيسياً في تغيّر اتجاه حركة المياه في هذه الوحدة ،

أدّى تأثّر تركيب العرجاء – عونية وتركيب سلوان إلى نشوء حواجز كتيمة ولكن غير متصلة، أما تركيب الكرك الفيحاء فأدى إلى نشوء حواجز نصف منفذة وذلك لأن الإزاحة الناتجة عن هذا الفالق تساوي 100 م وهي تعادل نصف سماكة الخزان الجوفي. (J.I.C.A , 1990)

4.2 التربة في منطقة الدراسة

يعود تنوع التربة واختلاف خصائصها في الحوض إلى التباين في العمليات الفيزيائية، والكيميائية ومن العوامل التي أدت إلى تكوين التربة واختلاف خصائصها هي :

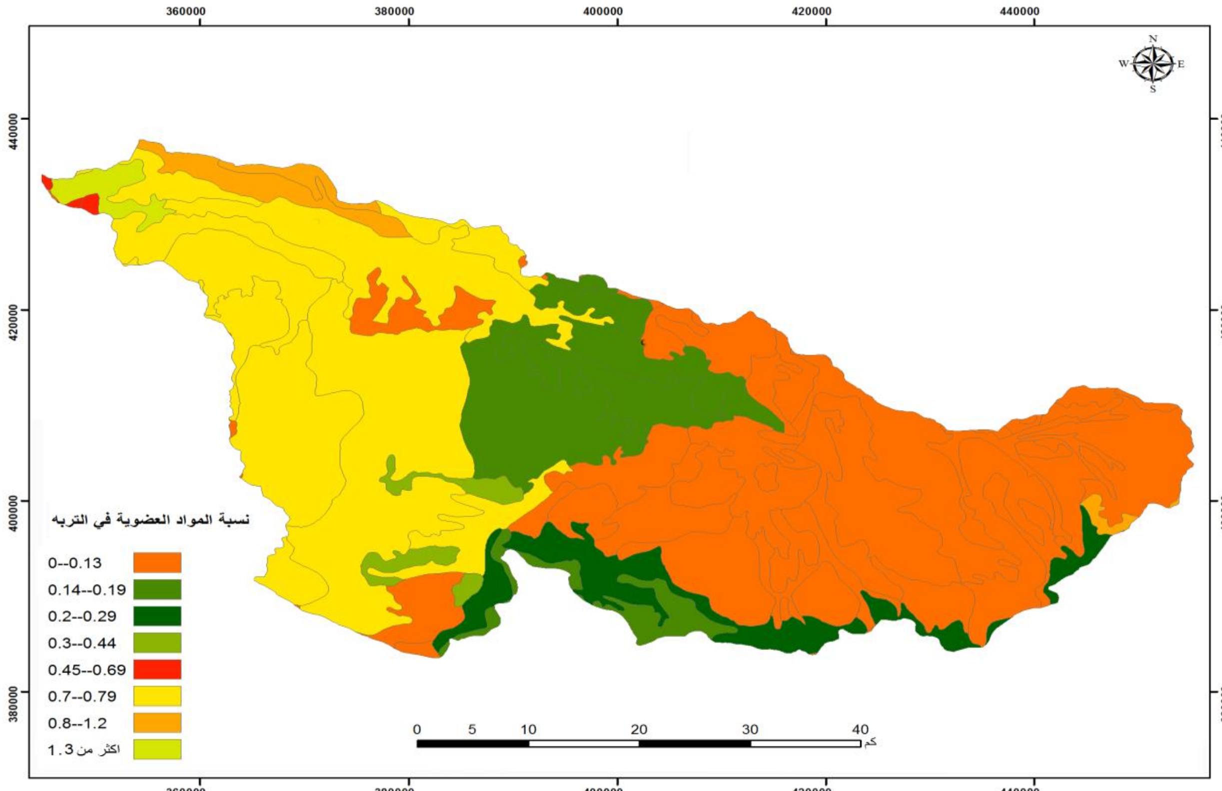
1. سطح الأرض المؤلف من الرسوبيات المروحية القديمة في عصر البلايوستوسين، وكذلك رسوبيات الأودية القديمة وحتى رسوبيات العصر الحديث .

2. الظروف المناخية وخصائصها حيث يسود المناخ الجاف إضافة إلى وجود نطاقات شريطية تتزايد فيها معدلات الأمطار في المناطق الشمالية الغربية .

3. مواد الأصل التي تعرضت لفترات طويلة لتأثير المناخ، حيث تعرض سطح الأرض لفترات من الرطوبة والجفاف على الأقل منذ أواخر الحقبة الرباعية .

ففي المناطق الصحراوية تعرضت الترب إلى فترتين من الرطوبة وفترتين من الجفاف وبشكل عام لفترة جفاف في التسعة آلاف سنة الأخيرة . أما في الغرب فإن السطوح المستقرة كانت رطبة لفترة الخمسة ألف سنة الأخيرة (وزارة الزراعة، 1995) .

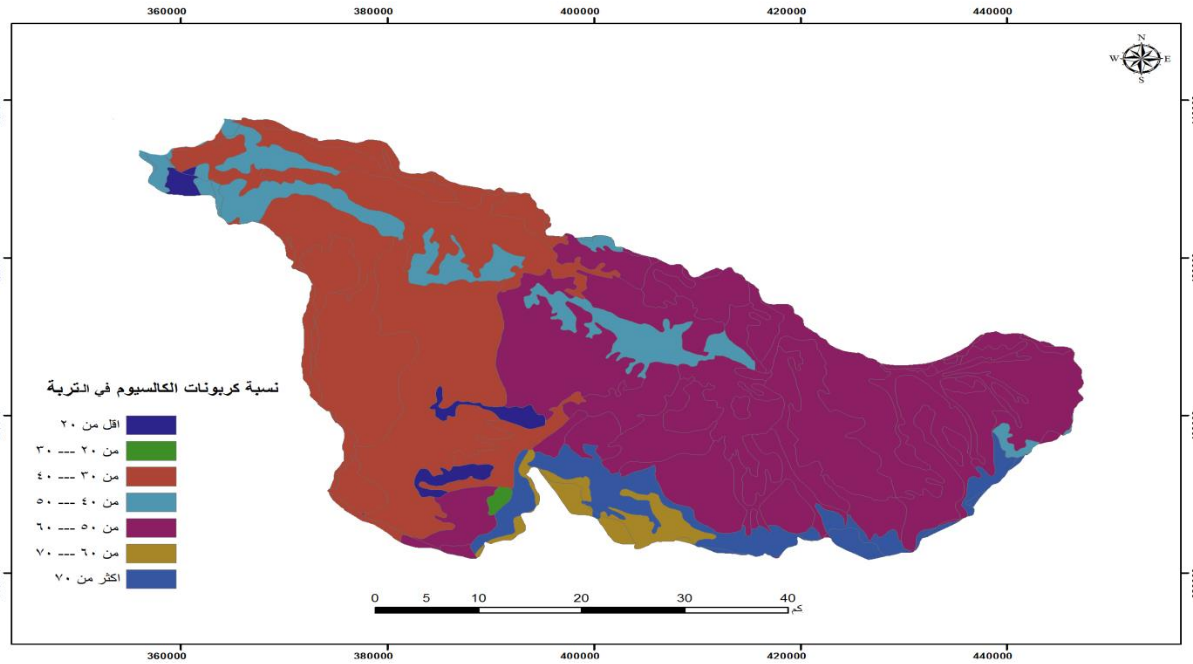
تختلف خصائص التربة مكانياً بسبب اختلاف العوامل الطبوغرافية والجيولوجية، والمناخية وتعرض التربة لعمليات الانجراف والنقل والترسيب .وتوضح الأشكال (10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15) نسبة المواد العضوية و نسبة كربونات الكالسيوم و نظام رطوبة التربة ونفاذية التربة وتوفر المياه في التربة ، ودرجة الحموضة (PH) في منطقة الدراسة.



شكل رقم (10)

نسبة المواد العضوية في حوض وادي الحسا

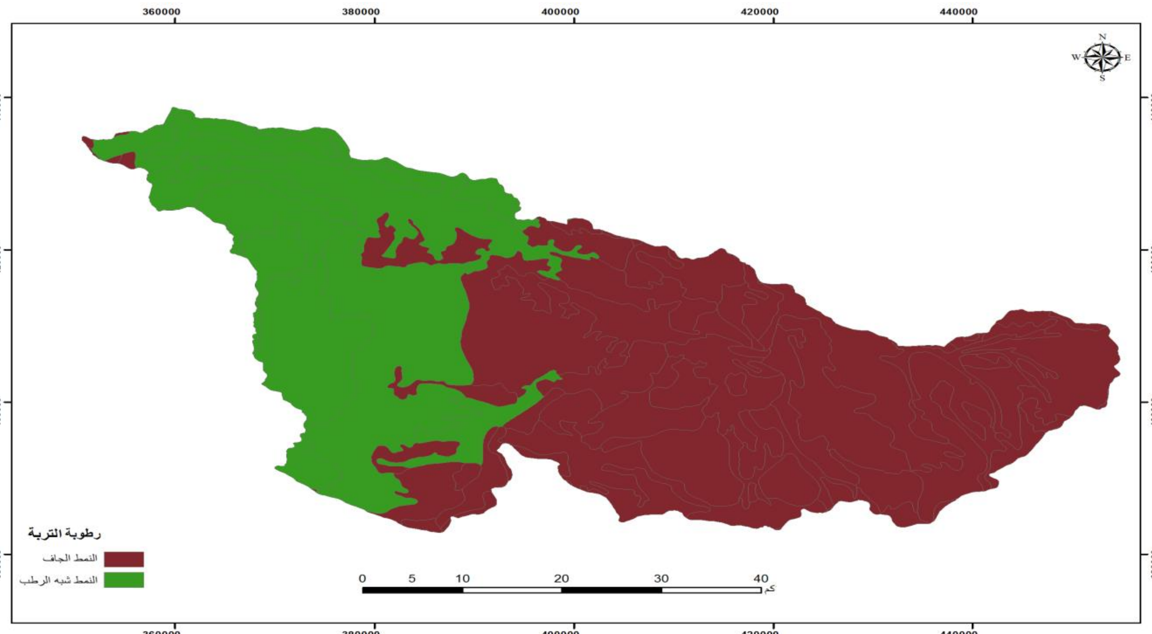
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، 1994



شكل رقم (11)

نسبة كربونات الكالسيوم في حوض وادي الحسا

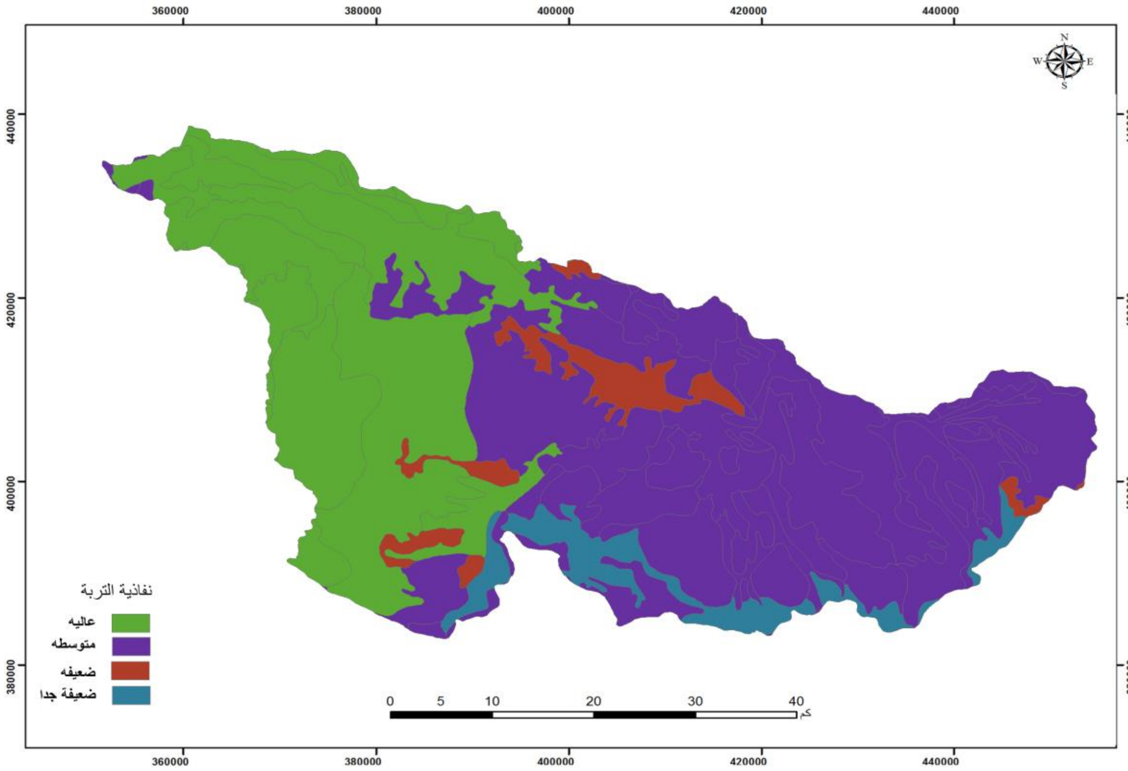
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، 1994



شكل رقم (12)

نظام الرطوبة في حوض وادي الحسا

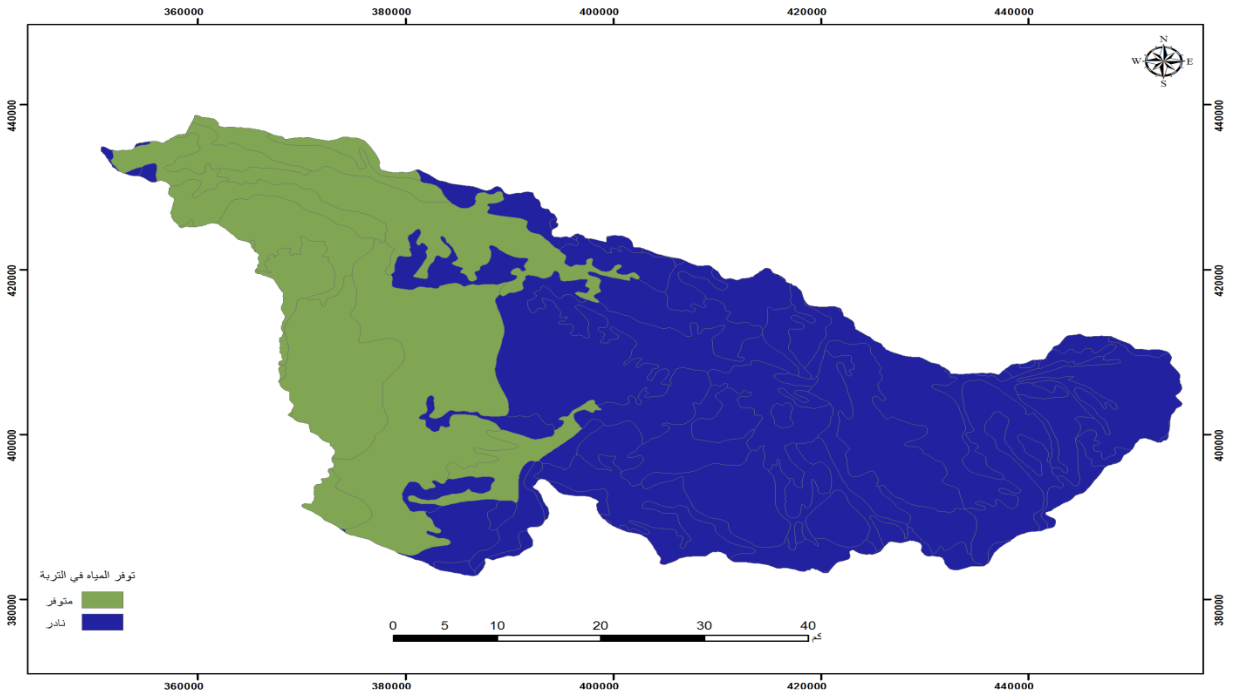
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمساحة لتربة واستعمالات الأراضي، 1994



شكل رقم (13)

نفاذية التربة في حوض وادي الحسا

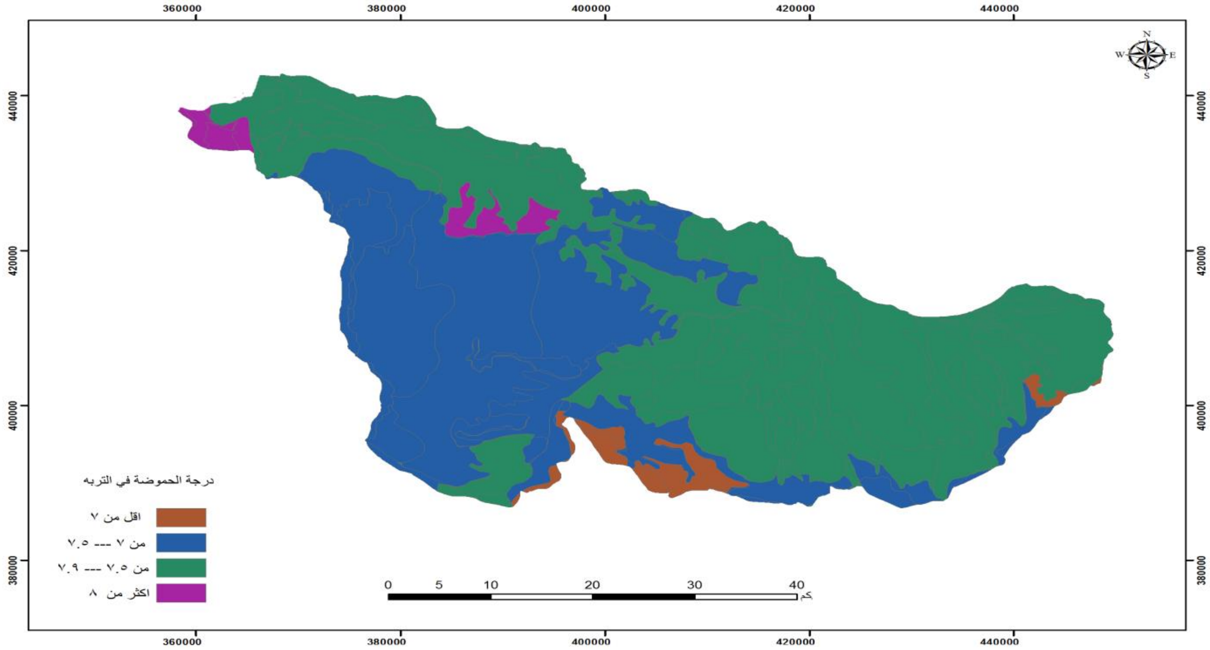
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، 1994



شكل رقم (14)

توفر المياه في التربة في حوض وادي الحسا

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، 1994



شكل رقم (15)

درجة الحموضة (PH)

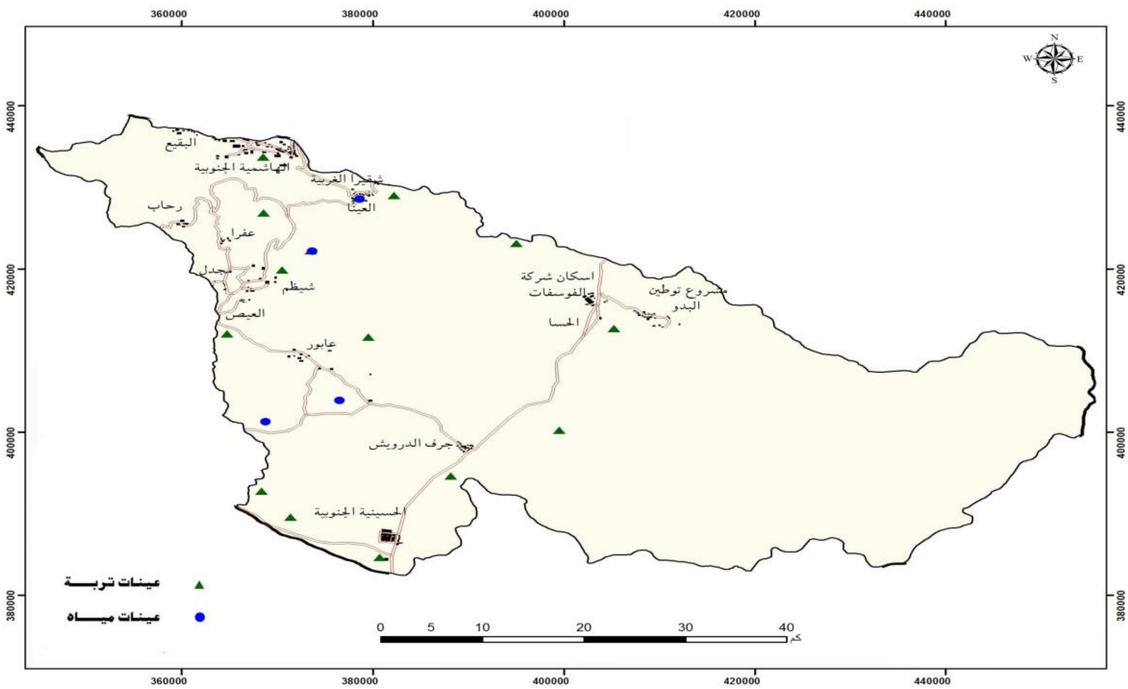
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، 1994

قام الباحث بأخذ (15) عينة من التربة على عمق تراوح ما بين (10-25 سم) تبعا لطبيعة المنطقة وصلابتها، ويتراوح وزن كل عينة تقريبا ما بين الكيلو والنصف كيلو غرام، وتم تسجيل الإحداثيات لكل عينة بنظام (GPS) وتوقيعها على الخريطة شكل (16)، ويبيّن الجدول (8) نتائج التحليل المخبري للتربة في منطقة الدراسة .

جدول رقم (8)
نتائج التحليل المخبري لعينات التربة في الحوض

CaCo3 %	N %	Clay %	Silt %	sand %	Texture	رقم العينة
46	0.112	33.5	35.1	31.4	Clay loam	1
24.5	0.14	31.7	39.6	28.7	Clay loam	2
33.6	0.109	31.4	49.7	18.9	Silty clay loam	3
71.7	0.017	12.2	38.6	64	Sandy loam	4
38.1	0.025	39.6	28.7	31.7	Clay loam	5
35.8	0.028	31.1	34.8	34.1	Clay loam	6
36.2	0.031	20.6	28.2	51.2	Sandy clay loam	7
36.6	0.098	27.1	43.3	29.6	Clay loam	8
19.6	0.073	24.8	28.5	46.7	loam	9
63.4	0.039	33.3	22.5	44.2	Clay loam	10
42.3	0.028	55.4	31.5	13.1	Silty Clay	11
37.1	0.13	40.2	39.7	20.1	Silty Clay	12
36.2	0.039	41.7	28.8	19.5	Silty Clay	13
28.4	0.022	52.3	36.6	11.1	Silty Clay	14
38.9	0.034	51.7	32.7	15.6	Silty Clay	15

المصدر: عمل الباحث



شكل رقم (16)
مناطق أخذ عينات التربة في حوض وادي الحسا

المصدر: عمل الباحث

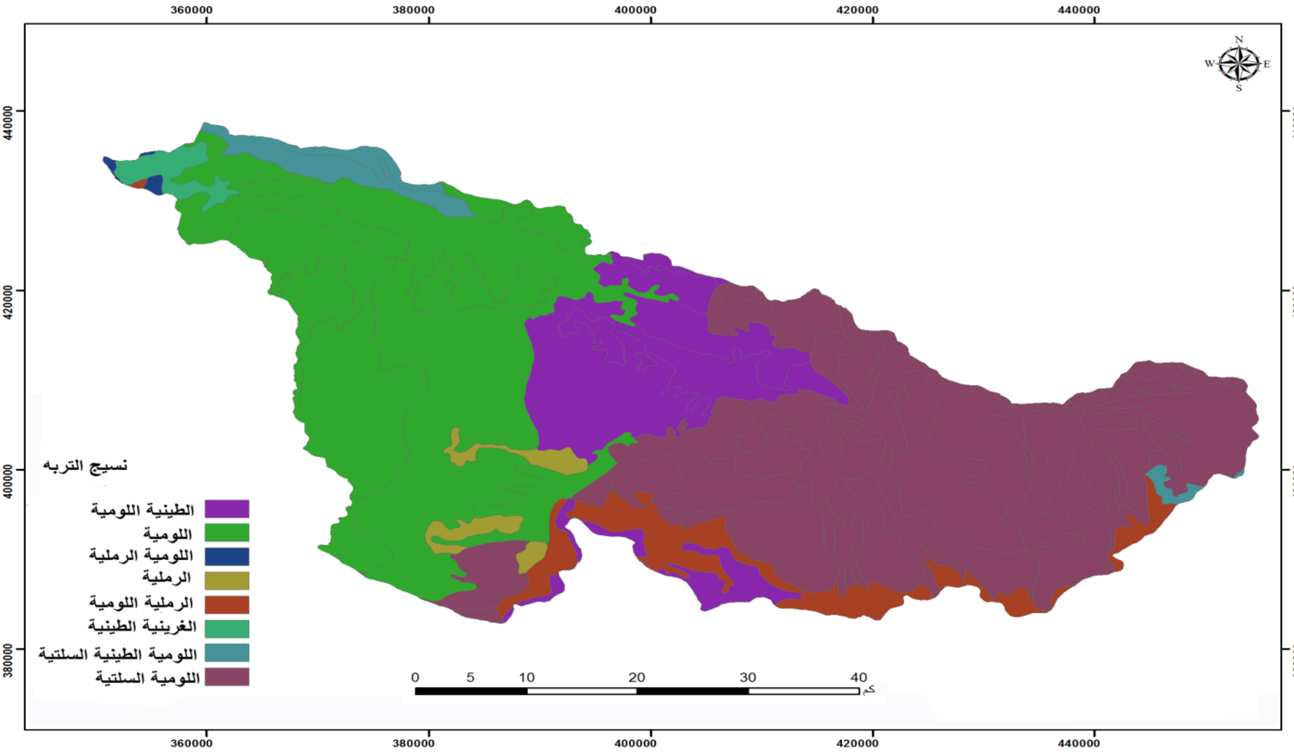
ويمكن تقسيم التربة في حوض الحسا حسب نسيجها الشكل (17) إلى :

التربة اللومية (Loam)

تشغل ما نسبته 30% من مساحة الحوض، وتظهر في أجزاء شريطية شمال قلعة الحسا قرب خط تقسيم مياه الحوض وفي معظم الأراضي الوسطى من الحوض مثل شمال الطفيلة وشرقها، وغرب جرف الدراويش وغرب الحسينية الجنوبية وتنتشر أيضاً على السفوح الوعرة المطلة على المصب مباشرة، وتوجد في قرية العينا جنوب الكرك، ومعظم مصبات الأودية التي تصب في الحسا مثل انمين والعالية وجاعص واللعبان ومليح، وهي سفوح شديدة الانحدار وتتعرض للتعرية باستمرار كما أنها تعاني من مشكلة الانجراف الأخدودي .

وتعد التربة المتواجدة عند سفوح الجبال حديثة التطور ويزداد عمقها كلما ابتعدنا عن سفوح الجبال ذات القوام الخشن بمحاذاة الأودية بينما تسود التربة الخشنة والضحلة على المنحدرات، ويبلغ عمق مقطعها في هذه المنطقة 13 سم التي تزيد درجة الانحدار عن 22ْ، في حين يتراوح عمق التربة ما بين 90-200 سم في المناطق التي تتراوح درجة الانحدار فيها ما بين (3°– 11°) (وزارة الزراعة، 1995)

وتكونت التربة بفعل التعرية الميكانيكية للصخور الرملية وتحتوي على نسبة عالية من الحصى المنقولة من المناطق المرتفعة بفعل السيول، إضافة إلى ذلك تطورت التربة من الصخور الكلسية وتميل إلى اللون الأصفر البني وتعاني من الانجراف الغطائي والانجراف بالمسيلات، ولذلك فإن جزء كبير من هذه المنطقة يتشكل من السطوح المغطاة بنسبة عالية من الصخور لذلك ينعدم الغطاء النباتي، وتتراوح نسبة الطين فيها (24.8%)، في حين ترتفع نسبة الرمل فيها إلى (46.7%)، وتوجد كربونات الكالسيوم بنسبة (19.6%)، وتنخفض نسبة المواد العضوية فيها إلى أقل من (1%)، وتعد التربة قاعدية حيث تصل درجة PH إلى (7.6) وتتراوح كمية الأمطار في تلك المناطق ما بين (150-200) ملم/ السنة، في حين أن نفاذيتها منخفضة .



شكل رقم (17)

نسيج التربة في حوض وادي الحسا

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، 1994

التربة الطينية اللومية Clay Loam

يشكل هذا النوع ما نسبته 15% من مساحة الحوض، وتسود في بعض الجبال مثل جبل طويل الشهاق، وجبل أم رجام . كما توجد في غرب بلدة الحسا وشمال غرب قلعة الحسا، ومنطقة إسكان شركة الفوسفات وغرب وادي الجرف، وتنتشر في قاع الجينز وقاع الفحيلي، وبعض الجبال الصخرية غرب قلعة الحسا .

وتحتوي على طبقات من المارل والجبس المغطى بالصوان، ويسود فيها المناخ الصحراوي الجاف، وتشكلت التربة من الصخور الأفقية (تكوين عمان – وادي أم الغدران) والتي تشكل الجزء الأسفل من مجموعة البلقاء الكلسية الغنية بالكلس الطري والمواد الحاملة للفوسفات، وتتميز التربة الجبسية من خلال وجود الجبس بكميات عالية وعميقة وتستخدم الأراضي فيها للرعي . ونظراً لوجود الاملاح والجبس وانخفاض نسبة المواد العضوية إلى (0.14%) مما أدى إلى انخفاض نمو الحشائش وإنتاج أنواع نباتية محددة (وزارة الزراعة، 1995) .

كما تمتاز بأنها تربة خفيفة البناء وقدرتها على حفظ الرطوبة منخفضة جداً وترتفع المواد الخشنة، وتتعرض المنطقة لعوامل التعرية الميكانيكية متمثلة بالرياح والسيول التي تؤدي لتجميع

المياه في المنخفضات، مما يؤدي إلى ترسيب المواد الخشنة أولاً ثم المواد الناعمة مثل السلت و الطين مشكلة تربة صماء . ولارتفاع معدلات التبخر تتجمع الأملاح في القيعان وتنتشر الرمال في المناطق المحيطة فتتراوح نسبة الرمال فيها ما بين (28.7% - 44.2%).كما ترتفع نسبة كربونات الكالسيوم فيها فتوجد ما بين (24.5% - 63.4%) وتتراوح درجة PH فيها ما بين (6.9-7.8) (العطيات، 1995) .

التربة الغرينية الطينية Silty clay

تشكل ما نسبته 2% من أراضي الحوض وتنتشر على السفوح الوعرة غرب سد التنور وشرق مصب الوادي، وتكونت التربة من الصخور الكلسية والطباشيرية لمجموعة البلقاء والتي ترسبت فوق تكوين عجلون في المقاطع العميقة ويليها مباشرة الصخور الرملية Kurnub sandstons في محاذاة الجزء العميق من وادي الحسا نظراً لشدة الانجراف بالمياه فإن معظم المنحدرات عارية من التربة، ولأثر المناخ الجاف أدى إلى سيادة المكونات الخشنة في التربة التي تتواجد عند أسفل المنحدرات، وترتفع نسبة الطين إلى أكثر من 40%، وتنخفض نسبة المواد العضوية إلى 0.1% و تتراوح نسبة كربونات الكالسيوم ما بين 28.4% - 42.3% ويصل عمق قطاع التربة إلى 165 سم في حين تصل درجة الانحدار إلى (25.68ْ) وتنخفض نسبة الرمل إلى أقل من (20%) وتعد التربة ذات نفاذية منخفضة .

التربة اللومية الرملية Loamy sand

تغطي ما نسبة 6.5% من مساحة الحوض وتنتشر على أجزاء بسيطة شرق بيئة المصب، وتنتشر على شكل شريط شمال قلعة الحسا بمحاذاة وادي السدور والصلول، تسود فيها زراعة الأشجار المثمرة والمحاصيل الحقلية وتكونت من رواسب حديثة تشمل المواد المنقولة من سيل الحسا وسيل سعيد وسيل السرموج .

ويسود المناخ الجاف جداً فيها، حيث يبلغ معدل الأمطار حوالي 50 ملم /سنة، ونظراً لارتفاع درجة الحرارة، وارتفاع معل التبخر ترتفع نسبة الأملاح وتتأثر بمستوى الماء الأرضي نظراً لقربها من البحر الميت ويرتفع محتواها من المواد الخشنة وتميل التربة إلى القاعدية PH8.

و تحتوي على نسبة عالية من الملوحة، والقلوية وهي موزعة من السهول الطينية حيث تصل نسبة الطين إلى 2.3% في حين تبلغ نسبة السلت 8.6% وترتفع نسبة الرمل فيها إلى 88.5% وتنخفض نسبة المواد العضوية إلى 0.45% وترتفع نسبة كربونات الكالسيوم إلى 45.6% ويصل عمق قطاع التربة فيها إلى 215 سم وتعد التربة ذات نفاذية متوسطة .

التربة الرملية اللومية Sandy Loam

تغطي ما مساحته 11% من مساحة الحوض، وتظهر في أقصى جنوب شرق الحوض، وفي المنطقة الممتدة شمال شرق جبل أم رجام وشرق جبل طويل الشهاق وشرق الحسينية ومنطقة تل برمة، إضافة إلى جنوب غرب وادي مليح قبل بيئة المصب، وتميل إلى القاعدية PH8 ونظام الرطوبة فيها هو صحراوي جاف Aridic.

يلاحظ أنها في أقصى جنوب شرق الحوض تربة ضحلة جداً يصل سمك مقطعها إلى أقل من 5 سم، ولانخفاض سمك مقطعها وضعف بنائها لقلة الأمطار السنوية إلى أقل من 50 ملم / سنة من أهم المشاكل التي تعاني منها التربة .

تحتوي التربة الكلسية الجافة على ارتفاع كميات من الجير في باطن الأرض ويصبح في بعض الأحيان الأفق كلسي، ويقتصر استعمالها على الرعي خلال موسم الربيع نظراً لمحتواها العالي من الطمي، ومن المشاكل التي تواجه التربة تقشّر التربة وعمليات الإنبات فيها صعبة.

يعود تكوين التربة إلى الصخور الطباشيرية والمارل وهي جزء من الصخور الكلسية، وخصوبتها متدنية نظراً لقوامها السلتي، حيث تصل نسبة السلت إلى 38.6% وتنخفض نسبة الرطوبة فيها إلى 0.27% وترتفع نسبة كربونات الكالسيوم فيها 71.7% .

التربة اللومية السلتية Silty Loam

تشغل ما نسبته 26% من مساحة الحوض، وتنتشر في معظم الأجزاء الشرقية التي تشغل سطوح مستوية يتخللها الأودية العريضة مغطاة بطبقة حصوية تعرف بالأرصفة الصحراوية Desert Pavement، إضافة إلى ذلك تسود في الأودية التي تصب في قاع الجينز، حيث تختفي نهائياً في قاع الجينز .

تطورت التربة من تكوينات أفقية من الصخور الطباشيرية، والمارل، والكلس، ويتخللها طبقات من الصوان التي نحتت السطوح من التعرية مثل أطراف قاع الجينز، والحسينية الجنوبية، ويسود المناخ الجاف ويتراوح معدل الأمطار من 50-100 ملم / السنة، ومن العوامل المؤثرة في تكوين وتطور التربة عمليات الانجراف المائي والريحي، والانحدار البسيط بسبب حساسية سطوح التربة لخلوها من الغطاء النباتي .

قوامها الخفيف وضعف بناء التربة في الآفاق السطحية وتعد التربة عبارة عن رواسب منقولة تحتوي على أملاح ذائبة وتنتشر الشجيرات القصيرة المقاومة للجفاف في مجاري الأودية لتدني قدرة التربة الإنتاجية لقلة كميات الأمطار.

تطورت التربة على الصخور الكلسية والطباشيرية لانخفاض معدل الأمطار الأمر الذي أدى إلى سيادة المكونات الخشنة في التربة (العطيات، 1995)، حيث تبلغ نسبة السلت فيها 19.7%، وتكاد تخلو من محتواها من المواد العضوية لقلة الغطاء النباتي وقلة الأمطار، وترتفع القاعدية فيها لتصل 7.9 %، وترتفع نسبة الرمل فيها إلى 64.7% ويصل عمق قطاعها إلى 186 سم، وترتفع نسبة كربونات الكالسيوم فيها إلى 52.4% (وزارة الزراعة،1995).

التربة اللومية الطينية السلتية Silty clay loam

تشغل ما نسبته 5.5% من مساحة الحوض، وتنتشر شمال سد التنور على حدود الحوض مباشرة مع الكرك بالقرب من بلدة ذات راس على شكل أجزاء صغيرة وتنتشر على مساحات صغيرة في أقصى شرق قاع الجينز ويعود تكوين هذه التربة من الصخور الكلسية ويبلغ عمق مقطعها 164 سم وتحتوي على طبقات من المارل ويغطي سطحها الصوان وتشكل التربة الجبسية مساحات كبيرة من هذه التربة (وزارة الزراعة، 1994).

مناخ هذه المنطقة يتراوح ما بين صحراوي جاف إلى المناخ شبه الرطب ويميل لون التربة إلى اللون البني إلى الأصفر وتميل التربة إلى القاعدية 7.8 وتعاني التربة من الانجراف الغطائي والأخدودي خاصة في المناطق التي يزيد انحدارها عن 8%.

تتراوح نسبة كربونات الكالسيوم فيها حوالي 33.6% وتصل نسبة السلت فليها 49.7% وتنخفض نسبة المواد العضوية فيها إلى أقل من 1%.

التربة الرملية Sandy clay loam

تنتشر هذه التربة مناطق ذات سطوح مستوية إلى تضاريس متموجة وتتميز بوجود تربة مغطاة بسطوح مختلفة تتراوح ما بين السطوح الجيرية الناتجة عن التعرية الميكانيكية للرماد البركاني والمقذوفات البركانية وترسبات الأودية التي شقت طريقها خلال التكوينات المختلفة من الحقب الماضية مثل: وادي الجرف – برما – الاسمر. تشير الدراسات على تعاقب فترات مناخية مختلفة والتي رافقها نشاط بركاني، حيث نتج عنها ترسيب أكثر من طبقة بازلتية، وتدل الدراسات أن آخرها تم قبل حوالي (5000) سنة، وأنها تزامنت مع تغير المناخ من مناخ رطب جداً إلى مناخ جاف (العطيات، 1995) .

ويسود المناخ الجاف في هذه المنطقة فيبلغ معدل الأمطار من (50-150) ملم / السنة، وتشغل ما نسبته (4%) من أراضي الحوض، وتنتشر شمال غرب الحسينية الجنوبية وغرب جرف الدراويش، وهي تربة رملية طينية مزيجيه sandy clay loam تبلغ نسبة الرمل

(51.2%) وعمق مقطعها (76سم)، وتنخفض نسبة المادة العضوية لتصل (0.3 %) وتبلغ نسبة كربونات الكالسيوم حوالي (36.2%) وتصل نسبة الطين فيها إلى 6،20% (وزارة الزراعة، 1994).

نلاحظ من خلال الوصف السابق لخصائص أصناف التربة وتوزيعها في أراضي الحوض تباينها وتنوعها تبعاً للمعطيات الطبيعية كتباين المناسب (322 م تحت سطح البحر – 1605م فوق مستوى سطح البحر) وتباين نسبة الانحدار ما بين (2-6 %) وتباين معدلات الأمطار السنوي ودرجات الحرارة مما جعل عملية الترشح في هذه الترب ضعيفة جدا الأمر الذي أدى إلى ارتفاع نسبة الأملاح فيها إضافة إلى غناها بالجير (شرف، 1985) ووجد أن هناك عوامل أخرى لها دور في تحديد أنواع الترب وخصائصها في منطقة الدراسة والتي ترتبط بنوعية الصخور، وبيئات الترسيب، والعمليات الجيومورفولوجية كعمليات الحت والتعرية الريحية وعمليات التجوية والترسيب المائي، مما انعكس على عمق مقاطع التربة وأنماطها الحرارية والرطوبة .

5.2 الغطاء النباتي الطبيعي في منطقة الدراسة

التوزيع الجغرافي للنباتات الطبيعية يعتمد على الظروف الطبيعية من عوامل مناخية وطبوغرافية، ويعتبر النبات أحد العوامل الجغرافية الطبيعية التي تؤثر وتتأثر بشكل مباشر وغير مباشر بالظروف الطبيعية والبشرية . من أهم العوامل الطبيعية التي لها تأثير مباشر على النبات عناصر المناخ ولكل عنصر تأثير يختلف في الأهمية بالنسبة لنمو النبات وتوزيعه وشكله وتكيفه (أبو سمور، 1995).

ويتميز حوض وادي الحسا بوقوعه ضمن المنطقة الجافة وتغلب على نباتاته سمة الجفاف. ويمكن تقسيم الغطاء النباتي في حوض وادي الحسا إلى (وزراعة الزراعة، 1993) :

1. إقليم منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط Mediterranean Region يتواجد في الأجزاء الجنوبية الغربية من الحوض التي يزيد ارتفاعها عن 1000 م فوق مستوى سطح البحر، ويغطي الإقليم ما مساحته تقريباً (35%) من أراضي الحوض .

وتشكل مناطق الهضبة الجيرية التي يسقط عليها أمطار تزيد عن (250 ملم / سنة)، وتظهر حدوده في جنوب وادي الحسا و توازي حواف منحدرات وادي عربة وعلى بعد (10 كم) وحتى رأس النقب، ويشتمل الإقليم على أنواع الرئيسة للغابات :

أ- الغابات المختلطة وتشتمل على: البلوط، والصنوبر، والبطم وكذلك الأشجار الصغيرة المنتشرة على الحجر الكلسي جنوب الحسا .

ب- الغابات ذات الأشجار الصغيرة على الحجر الجيري جنوب الحسا .

ج- الغابات الخفيفة من العرعر على التكوينات الرملية جنوب الحسا إضافة لأصناف الصنوبريات والبطم .

أما المناطق التي أزيلت منها الغابات يتواجد فيها نوعين من الغطاء النباتي المتدهور ويتكون أساساً من :

أ- شجيرات صغيرة غالباً من البلان وما يصاحبه من الكتيلا والكحلا واللبينة.

ب- المجتمعات الأكثر تدهوراً والمتفرقة من أصناف الشبرق والصر والميرامية والكتيلا.(وزارة الزراعة، 1993)

2. إقليم السهوب .

يمثل شريط ضيق على امتداد شرق إقليم البحر المتوسط ويتطابق هذا الإقليم مع إقليم السهوب شبه الصحراوي ويتميز هذا الإقليم بقلة أمطاره التي تتراوح ما بين (150-250 ملم / سنة) .

يسود بهذا الإقليم تربة السهوب الرمادية وتربة اللوس وتشتمل نباتات هذا الإقليم على الأعشاب والشجيرات القصيرة والمتصلة أهمها: البطم، والسريس، والطرفاء والعوسج والأثل والزقوم والسوسن والسماق والسدر والشيح، ومن أهم النباتات التي تنمو في هذا الإقليم : الرتم والشنان والشيح والسدر (نبق) .

والحَولِّية كالحنون أو الدحنون، ونباتات مستديمة كقرن الغزال والشقيق، ونباتات متسلقة كالعنبر والكليماتس وشجيرات صغيرة كاللباد والقنديل .

أما النباتات العلفية هي الأعشاب الرعوية للأغنام فهي الفصيلة النجيلية كالسنبلة والقرام والبقولية مثل الحندقوق وأفضل الأعشاب للرعي هي البيكا وريشة الجدي .

وتعاني تربة الإقليم من فقدان قطاعاتها نتيجة لعمليات الانجراف فتظهر في كثير من الأحيان تكشفات صخرية بين غطاءاته النباتية وتفتقر للمواد العضوية وتقل مادة الدبال في آفاقها السطحية، ويشمل هذا الإقليم المنطقة الوسطى ما نسبته (45 %) من أراضي الحوض.

3. إقليم السافانا

تبدأ نباتات هذا الاقليم من غور دير علا شمالا وحتى وادي عربة ووادي رم جنوبا مرورا بالبحر الميت، ويقع ضمن خط المطر ما بين 50 – 100 ملم / سنويا.

يغطـي هـذا الإقلـيم مـن مسـاحة الحـوض حـوالي (10%) فـي الجهـات الغربيـة الغوريـة والمتاخمة للبحر الميت، وينخفض منسوبه إلى (200 م) تحت مستوى سطح البحر، ويتمثل فـي تكوينات مارل اللسان في غور الصافي (قطيش، 2007).

تشتمل هذه النباتات على الأعشاب الطويلـة والأدغـال والنباتـات المائيـة وتنتشر علـى شكل قطاعات طويلة بمحاذاة المسيلات المائية وعلى شكل تجمعات نباتية كثيفة حول مصادر المياه في المنخفضات. تتميز هذه النباتات بأنها طويلة وكثيفة لارتفاع درجة الحرارة، ولنموها بـالقرب مـن المياه، حيث تتوافر الرطوبة الكافية ومن أهم نباتات هذا الإقليم السنط والثمـام (الشوك) والغضـى والضمخ والحيصبان والحنظل والسدر والزقوم والصفصاف والحلفاء وغيرها .

تنتشر في هذا الإقليم تربة وادي الأردن الغرينية والتربة الملحية وتتميز تربـة وادي الأردن باحتفاظها بالرطوبة وغناها بالمواد العضوية (أبو سمور، 1985).

4. الإقليم الهامشي steppe Region

يظهر في المناطق التي تتلقى أمطـار مـا بين (100-250 ملم / سنة)، وتوجـد فـي مربـات المناطق الصـحراوية التـي تقل أمطارهـا عن (100 م) فـي نطـاق (250-350 ملم) مثل شـرق الحـوض فـي منطقـة قـاع الجينـز مـا يحـيط بهـا علـى مسـاحة تقـدر (20%) مـن مسـاحة الحـوض ويصـاحب هـذه النباتـات بعـض أصـناف منطقـة البحـر المتوسط الانتقاليـة ومـن أهـم هـذه: الأنـواع الشيح، والأعشاب والرتم والصر والنميص والشنّان (قطيش، 2007).

بالإضافة إلى ما سبق يوجد أنواع أُخرى من النباتات مثل :

إقلـيم الحجـر الرملـي والجرانيـت الصـحراوية Sandstone and Garonite Desert Region تقع ضمن المنطقة الصحراوية، حيث يسقط عليها أمطار كافية لإسالة الأودية في بعض الأحيان، فمعظم الغطاء النباتي يتركـز فـي الأوديـة والترسبات المروحيـة فـي المنـاطق المنخفضـة كما يتواجد غطاء نباتي لا بأس به في الأوديـة الانتشـارية وعلـى الكثبـان الرمليـة ويعـود ذلـك إلـى سرعة نفاذ مياه الأمطار المحدودة إلى باطن التربة وسهولة استفادة النباتات منها .

ومن أهم هذه النباتات :

أ- الغضـا فـي منـاطق الكثبـان الرمليـة المنخفضـة والسـهول الرمليـة وبصـاحبه بعـض الأنواع كالرمث، والمرار وبشكل جزئي القطف .

ب- نباتـات متفرقـة وأعشـاب تتـألف مـن الشـنّان، والسـلة وتتواجـد علـى المنـاطق الرمليـة المرتفعة الهامشية الغربية من رأس النقب .

ج- بعض أشجار الأكاسيا التي تتركز في رسوبيات المنحدرات السفلية، حيث تستقبل مياه المناطق الأعلى الأصناف الموجودة هي الحرز مع الشنّان والنبق والفراش، ويتخللها بعض الأعشاب المستساغة للحيوانات مثل أبو ركبة أو الشبط .

د- يتواجد غطاء خفيف من الأعشاب والشجيرات مثل أصناف الشنّان وغيرها على الرواسب المروحية بفعل الجاذبية و الوعورة (وزارة الزراعة، 1993) .

الأصناف غير النطاقية (غير الملحية) A zonal vegetation Types

وتشتمل هذه على المجتمعات النباتية التي يتطلب انجاز دورة حياتها اختلافات معينة في التربة والرطوبة، ومنها :

أ- في المصاطب الوسطى والسفلية للعديد من الأودية المتجهة للبحر الميت ووادي الأردن من المصاطب الوسطى والسفلى لوادي الحسا، حيث يتوفر مياه عذبة قريبة من سطح التربة تنمو بخصوبة بعض النباتات، أهم هذه الأصناف: الحور الفراتي، والصفصاف والطرفة .

ب- في السبخات قرب البحر الميت ينمو الفرقد مصاحباً الأثل والعكرش والحلفا وغيرها.

ج- تنمو في مساحات محدودة في المستنقعات بعض أصناف القصب والأثل وقد قلّت هذه المساحات بعد جفاف هذه المستنقعات في الفترة الأخيرة (وزارة الزراعة، 1993) .

بصرف النظر عن النباتات الملحية فان أرض وادي الحسا تخلو إلى حد كبير من الغطاء النباتي، ولوحظ أنه لا يوجد غابات ضمن هذه التربة، ولانتشار الأعشاب الطبيعية فالرعي يشكل النشاط الاقتصادي الرئيسي ملحق (1) .

على سبيل المثال في التربة الحصوية في الجنوب الغربي من الوادي هناك أعشاب الميرمية الطبيعية المتناثرة والبصل البري. وعلى طول الأودية والروافد الصغيرة تظهر بعض الميرمية المتناثرة والأعشاب، وإلى الشمال الشرقي يلاحظ مروج العشب الصغيرة على ضفاف القناة الرئيسية للوادي في أقصى الشرق، و إلى الغرب من خط السكة الحديدية تنتشر برك من المياه في بعض الحالات فتنمو على ضفافها شجيرات أكبر.

وفي قاع الوادي الرئيسي كثافة عالية من النباتات الملحية، وإلى الشمال من الوادي تغطي السطح شجيرات متناثرة على نطاق واسع، وإلى الجنوب من الوادي مجموعة متناثرة من النباتات الملحية، وأيضاً على الهامش الجنوبي من قاع الوادي الرئيسي بحوالي 1كم شرق سكة الحديد تنتشر النباتات الملحية متوسط ارتفاع الروابي حوالي 25 سم. والنباتات الملحية الغالبة على وادي

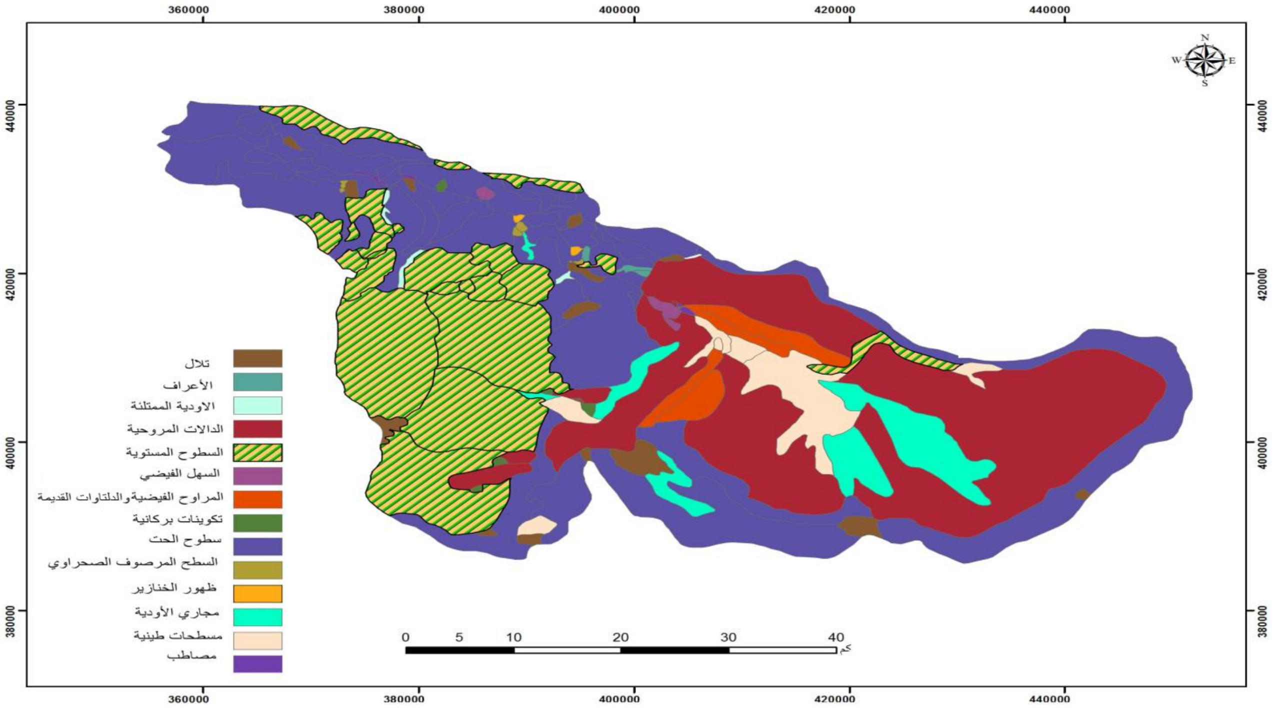
الحسا يبدو أنها Anabasis articllate وهي تنمو بغزارة على طول الوادي في بعض الأجزاء إلى الشرق من خط السكة الحديدية. وإلى الشمال والجنوب من الوادي الرئيسي فان النباتات السائدة أيضاهي Anabasis articllate ولكن بأقل كثافة، وتغطي نباتاتAnabasis شرق الوادي لكنها رقيقة ومتناثرة ،وفي أكثر المناطق المالحة يظهر نبات Suaeda. وفي روافد الأودية تنتشرZilla spinosa وهي المهيمنة هناك مع البلوط الأخضر وغالبا مع أشجار متناثرة من TAMARIX pentendraوتنمو أعشاب Cynodon dactylon وبعض sterilis في رؤوس الأوديةوعلى طول ضفافها. ومن الجدير بالذكر أن شجيرة halimusA triplix مناسبة تماما للظروف المحلية ومناسبة للرعي، ويمكن استخدامها من قبل البشر كخضار مطبوخة أو بالسلطة ومفيدة في حفظ التربة، في الوقاية من ضرر الفيضانات، وأماكن أخرى قد استخدمت بنجاح لتعزيز السدود والمدرجات.

الأشجار الواقفة الوحيدة هي أشجار صغيرة ومنعزلة في محطة الحسا، وعلى طول الطريق بين عمان والعقبة (ministry of agriculture, 1993).

الفصل الثالث

1.3 جيومورفولوجية حوض وادي الحسا

ما يميز حوض وادي الحسا تنوع وتوزيع الأشكال الأرضية بسبب التباين في التركيب الصخري والجيولوجي، و العوامل الداخلية والخارجية ،بالإضافة إلى عوامل الرياح والزمن ونوعية الصخر والعمليات الجيومورفولوجية الناجمة عن التجوية الكيميائية والميكانيكية والتعرية المائية وترجع أهمية تنوع الأشكال الارضية لارتباطها بالمواد الارضية في المنطقة ويبين شكل(18) الأشكال الجيومورفولوجية في الحوض .



شكل رقم (18)

الأشكال الأرضية في حوض وادي الحسا

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية والمسح الميداني

يمكن تصنيف الأشكال الأرضية في منطقة الدراسة من حيث عوامل نشأتها إلى ما يلي :

أولاً : الأشكال الأرضية من أصل بنيوي :

1. الحافات الصدعية .

تتكون الحافات الصدعية في حالة ارتفاع أحد جانبي الصدع، أو هبوط أحد الجانبين مقارنة بالجانب الآخر أو بسبب ارتفاع أو هبوط أحد الجانبين وبقاء الجانب المقابل محافظاً على ارتفاعه (سلامة، 2004) .

تنتشر الحافات الصدعية في وادي الحسا في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية لانتشار الصدوع سواء الثانوية أو الرئيسية .

قد تختفي معالم الحافة الصدعية مع مرور الزمن وبفعل العوامل والعمليات الجيومورفولوجية مثل التجوية، والحت مكونة بذلك الحافات الصدعية الحتية، فقد تراجعت الحافة الصدعية الشرقية في غور الأردن وتقطعت إلى كتل تلية بفعل الأودية وساعد في ذلك مجاورتها لمرتفعات جبلية رطبة المناخ وضعف تكوينها الصخري، الأمر الذي أدى إلى تراجع الحافة الصدعية التي تتكون من صخور كلسية (سلامة، 1980).

2. الصدوع Faults : تم الإشارة إلى الصدوع في منطقة الدراسة عند الشرح عن التراكيب الجيولوجية .

3. الشقوق Fissures

أشكال الشقوق الطينية يعتمد على بناء التربة وكمية الرطوبة فيها ونوع المواد الطينية المكونة لها، ويمكن أن تكون مستقيمة الشكل، أو قليلة الانحناء، وذات أعماق وأطوال مختلفة (سلامة، 1980) وتظهر الشقوق في أرضية قاع الجينز وقاع الفحيلي، حيث أنهما قيعان صحراوية طينية، التي تكونت نتيجة فقدان الرطوبة وزيادة نسبة الأملاح من تربة القيعان، نتج عنه عدم نمو النبات في أرضية القيعان .

ثانياً : الأشكال الأرضية الحتية في منطقة الدراسة :

1. الجروف Cliffs

من أشهر الجروف التي تنتشر في منطقة الدراسة كويستا أم رجام غرب منطقة الدراسة بارتفاع يصل إلى (1070م) فوق مستوى سطح البحر وهو ناتج عن الاختلاف في طبيعة

الطبقات الصخرية ويعتبر جبل طويل الشهاق وجبال القرطاسيات جزء من هذا الجرف الصخري في الماضي (سلطة المصادر الطبيعية، 1994).

2. الجبال المعزولة Buttes

تمتد على مساحة واسعة من المنطقة المحيطة بقاع الجينز وتتباين في ارتفاعها تتراوح ما بين (1000-1173م) فوق مستوى سطح البحر، وتتراوح درجات انحدارها من (20°– 30°) درجة وتتميز بتنوع التركيب الصخري، وتعرضت لعمليات التجويه الميكانيكية والتي تؤثر في حدوث الانهيارات الأرضية في بعض أجزاء المنطقة المحيطة بها وتبقى الأجزاء التي تقاوم عمليات التعرية نظراً لصلابة صخورها.

يعتبر جبل طويل الشهاق وجبال القرطاسيات مثالاً على الجبال المعزولة التي تنتشر في منطقة الدراسة.

3. الدلتاوات القديمة

هي سهول صخرية قليلة الانحدار يتراوح انحدارها (3°– 4°) درجة تغطيه رواسب رقيقة نتيجة حت المجاري المائية لجوانب المرتفعات في الأقاليم الجافة وشبه الجافة وتسمى العتبة الصخرية، وتنتشر في منطقة الدراسة على أطراف قاع الجينز الغربية والشمالية الغربية، فالتي تنتشر في قاع الجنيز مغطاة برواسب حجرية، أو حصوية رملية، بينما التي توجد في بيئة المصب قرب البحر الميت هي مغطاة بالرواسب الحصوية والرملية (فرحان، البحيري، 1989)

4. المصاطب النهرية Stream Terraces

بعد تعرّض بيئة المصب لوادي الحسا(سلف البحر الميت الحالي) لهبوط تكتوني، وتغير مستوى الأساس، ومع استمرار الحت الراسي تظهر نطاقات صخرية، أو رسوبية على طول الوادي النهري مشكِّلة ما يسمّى المصاطب النهرية، وبعد تعمق الوادي في طبقات صخرية متتالية تنشأ مصاطب صخرية، في حين إذا عمق الوادي في سهلة الفيضي تتكون مصاطب رسوبية . (قطيش، 2007) .

5. الأراضي المرتفعة High lands

تنتشر في الشمال الغربي من المنطقة وهي ممثلة بمنطقة تلال وعرة، حيث تفصلها عدة أودية وتشكل الأودية مجتمعة شكلاً شجرياً متفرعاً لنظام التصريف النهري، وينكشف على تركيب عمان – وادي السير.

6. الأخاديدCanyon

تنشأ الأخاديد في المجاري المائية نتيجة العوامل الهيدرولوجية والضعف الصخري، تنتشر في حوض وادي الحسا مصاحبة لصدوع وادي الحسا، وأدى الهبوط التكتوني المصاحب لنشأة الصدوع إلى تكون حواف صدعية، وأسهمت عملية الحت المائي في تكوين أودية متعمقة فيها، وقد تمتد هذه الصدوع بشكل طولي أو متوازي مما يؤدي إلى تكوين أودية خانقية، وتتخذ اتجاهات تتفق مع اتجاه جريان المياه إلا أنه وبسبب وعورتها يصعب الوصول إليها وتظهر على مجرى وادي البريص (عفرا) .

7. الأودية Valleys

نشأت الأودية نتيجة عمليات الحت المائي، وتتخذ الشبكة المائية في المنطقة أنماط تصريف متعددة مثل: نمط التصريف المركزي في قاع الجينز والنمط الشجري في الأودية قرب قاع الجينز .

ثالثا : الأشكال الأرضية الناجمة عن الترسيب النهري :

1. السهول الفيضية Flood plains

هو عبارة عن شريط ضيق يمتد بمحاذاة مجرى النهر، ويتكون من الرواسب الناتجة عن عمليات الحت وتترسب أثناء جريانه على أحد ضفافه، ما يؤدي إلى تعرج المجرى وقد تترسب أيضاً أثناء فيضان النهر (سلامة، 1980) .

تنتشر السهول الفيضية لوادي الحسا عند التقاء وادي خنزير مع وادي الحسا في منطقة العينا وتظهر أيضاً في الأودية الكبيرة مثل وادي العالية واللعبان .

2. المراوح الفيضية Alluvial Fans

تترسب عند حضيض المنحدرات التلية التي تنتهي إليها بعض الأودية على شكل بهادا وتتكون من إرسابات صخرية خشنة متنوعة، توجد المروحة الأولى في شمال المنطقة (شمال وادي أبو العوافي) والثانية تقع على بعد (4 كم) غرب قرية جرف الدراويش، وغرب وشمال غرب قاع الجينز أعلى القاع الصحراوي التي تتلقى الرواسب والمياه من الأودية التي تصب بها .

ينتشر على سطح المراوح الفيضية أشكال أرضية محلية مثل النبكات وهي تجمعات رملية ترسبت بفعل الرياح حول الأعشاب التي تنمو على سطح المراوح الفيضية .

3. الدالات المروحية Deltaic Fans

ترسب الأودية النهرية حمولتها عند حضيض السفوح الجبلية، حيث يتناقص الانحدار مشكِّلاً دلتا ويستمر في نقل حمولته بعيداً عن السفوح التلية ليرسبها في الوسط المائي، وقد تتجمع الدلتاوات ما بين مكوناتها مشكلة الدالات المروحية. وتقع الدالات المروحية لوادي الحسا في غور الصافي مقابل طواحين السكر وباتجاه البحر الميت باتجاه جنوبي شرقي إلى شمال غربي (سلامة، 2004).

رابعاً :الأشكال الأرضية الصحراوية :

1. القيعان الصحراوية Playas (القيعان الطينية)

تحتل القيعان الطينية الأجزاء المنخفضة، وتغطي مساحات شاسعة في منطقة الدراسة، يغطي قاع الجينز مساحة كبيرة في شمال المنطقة ويمتد من وادي البويعجة إلى الشمال من منطقة الدراسة، إضافة إلى قاع الفحيلي.

فعند سقوط أمطار غزيرة تعمل المياه السطحية على نقل الرواسب فتتجمع في القيعان غير أن انتشار ظروف الجفاف يعمل على تبخر مياهها وتصلب وتملح رواسبها، حيث كانت بحيرات داخلية إبان الفترات الرطبة من عصر البلايستوسين .

2. الأرصفة الصحراوية Desert Pavement

يسمى أيضا بأراضي الحماد، وهي عبارة عن أسطح حصوية معتدلة الانحدار، أو شبه مستوية تتكوّن من طبقة من الحصى تتوضّع فوق طبقة من الرواسب الناعمة مثل الغرين والطين، وعمل الجريان المائي والرياح على إزالة بقايا هذه الطبقات بينما يبقي حصى الصوان في مكانه مشكِّلاً أراضي الحماد، ويكون ترتيب الحصى متناسقاً مع أشكاله، وأحجامه، ومتلاصقاً جنباً إلى جنب بحيث يصبح شبه خالٍ من أي غطاء نباتي مما يقلل من تسرب الماء إلى أسفله (أبو سليم، 2004) .

خامسا : الأشكال الأرضية البركانية :

1. الرقبة البركانية Volcanic neck

وهي قناة صخرية تصل بين فوهة البركان ومصدر المقذوفات البركانية، وتكون إما فارغة، أو مملوءة بالماغما المتصلبة، وتتشكل عقب هدوء البركان وتمتاز بصلابتها النسبية مما يحولها

إلى أبراج صخرية تمثل مخلفات حت (Summerfield, 1991)، تظهر في منطقة جبل التنور غرب جسر وادي.

2. الفوهة البركانية Crater

وهي الفتحة التي تخرج منها المقذوفات والمصهورات البركانية، وتمتاز بشدة انحدارها الداخلي وتناقص أو اعتدال انحدارها الخارجي، وتتعرض حوافها العليا إلى تأثير الحت المائي مما يؤدي إلى تراجع منسوبها (Moumani, 1997).

تظهر الفوهات البركانية شمال الحسينية الجنوبية (غرب الطريق الصحراوي) وشمال غرب جرف الدراويش، إلا أن أشهرها تلك المصاحبة لنطاق الكرك – الفيحاء الصدعي والمتمثلة بتسعة اندفاعات بازلتية (فوهات) على خط واحد تظهر شمال شرق وادي البهية في منطقة الدراسة (سلطة المصادر الطبيعية، 1994).

3. الطفوح البازلتيةLava flows

تنتشر التدفقات البركانية شمال جرف الدراويش على شكل غطاء بازلتي متصل يتجه غرباً يبقى على مسافة بعيدة من الجبل البركاني الشهير (جبل الرديسية).

2.3 طبوغرافية حوض وادي الحسا

يُعد وادي الحسا أحد الأودية الرئيسية التي تجتاز الهضبة الشرقية لنهر الأردن، وينحدر غرباً إلى البحر الميت ويقع على بعد (125 كم) جنوب عمان، و (170 كم) شمال العقبة، ومن أهم الطرق التي تصل إلى وادي الحسا سكة حديد الحجاز والطريق الصحراوي الجديد يوضح شكل(19) نموذج الارتفاعات الأرضية (DEM) .

يقع الوادي على طول محور طية مقعرة في الصخور العلوية، ويظهر بعض التفاوت في الطية المقعرة فهناك انحداراً على الطرف الشمالي أكثر من الجنوبي، وإن غرق الطية المقعرة شرقاً يشير إلى حركة المياه الجوفية قد تكون معاكسة لاتجاه التصريف السطحي، ومن الضروري البحث أكثر للتأكد مما إذا كان هناك خسارة فعلية من المياه تتجاوز حدود منطقة تصريف الحسا شرقاً، أو ما إذا كان الحوض المقعر موجود تحت الوادي (وزارة الزراعة، 1995).

في الجزء الواقع شرق سكة الحديد من الوادي هو مفتوح وضحل ويتراوح ارتفاعه ما بين (800 – 825 م) فوق مستوى سطح البحر والى الشمال والجنوب تنتشر تلالاً منخفضة من

الصوان فوق الطمي في قاع الوادي، و على طول المنحدرات في الشمال والجنوب مغطاة بطبقة من الصوان التي تكاد تحجب الحجارة الأساسية وتخلو من أي نوع من الغطاء النباتي .

إلى الشمال يلاحظ الاختلاف في الطيّة المقعرة التي تتماشى مع مسار الوادي، و يفسّر ذلك البروز غير المتقطع من منحدرات الجبال بالمقارنة مع تلك التي تقع جنوب هذه التلال ترتفع (40-80 م) فوق مستوى سطح العام لقعر الوادي، وأعلى القمم الخاصة بها تصل إلى أكثر من (890 م) فوق مستوى سطح البحر (ministry of agriculture,1993).

على طول الجانب الشمالي من الوادي إلى الشرق من سكة الحديد تنتشر الطيات المقعرة ومجموعة من مراوح الحطام المشتقة من الجريان غطتها طبقة من الصوان والحجارة الصغيرة تتميز بأنها حجرية وخالية من الغطاء النباتي.

إلى الجنوب نجد الجبال أكثر تقطعاً بواسطة العديد من أنظمة روافد الوادي، وهذا أكثر تنوعاً مقارنة بالشمال ومتوسط ارتفاع القمم ما بين (860-880 م) فوق مستوى سطح البحر وعلى طول الجهة الجنوبية من الوادي بالقرب من قلعة الحسا، تنتشر الطيات والمراوح التي تشغل مساحة ضيقة وتغطيها شظايا من الصوان الناعم جداً ويتميز الغطاء النباتي بأنه متناثر وبكثافة محدودة .

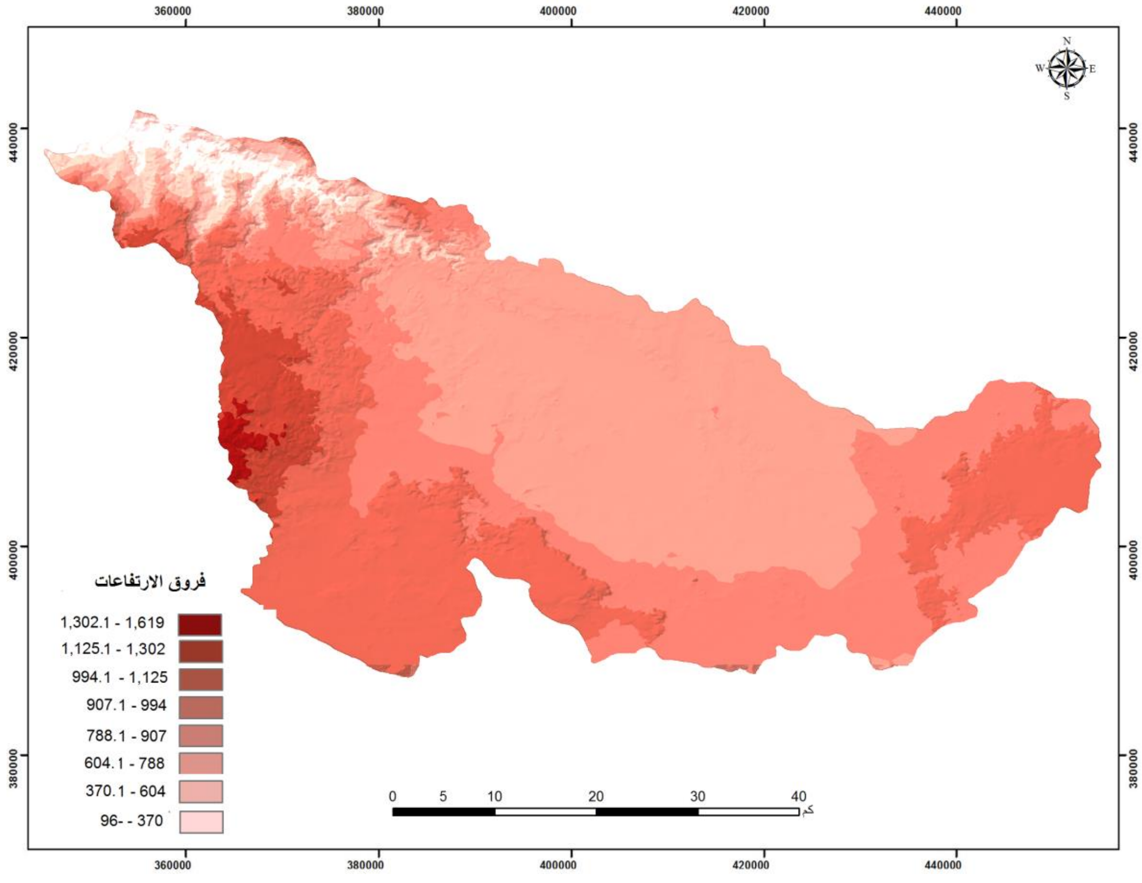
إلى الغرب تنتشر المراوح الطويلة، والى الشرق من خط سكة الحديد، تتميز بغطاء من طبقات الصوان الصغيرة وصخور البازلت، وينتشر عليها الغطاء النباتي المعتدل على طول المجاري الموسمية . جميع هذه المناطق تنحدر نحو مركز الوادي بزوايا أقل من (50) تستوي تدريجياً بالقرب من قعر الوادي (وزارة الزراعة، 1993) .

يصل اتساع قاع الوادي عند محطة الحسا أقل من (3 كم) ويبدأ الوادي بالتوسع إلى الشرق، حيث يصل عرضه إلى (6 كم)، وعند نقطة معينة من سكة الحديد يصبح قاع الوادي منحدر بشكل مفاجئ إلى الغرب، وإلى الغرب من سكة الحديد يضيق الوادي بشكل حاد، وعلى بعد حوالي (6 كم) غرب محطة الحسا يختفي قاع الوادي ليتداخل مع مستوى الأرض، ويتخذ الوادي طريق طويل متعرج متخذاً شكل حرف (S) وذلك بسبب ظروف الجفاف التي ساهمت في انخفاض تصريفه .وإن ميل سطح الأرض محدود مما أجبر على تعرج مجراه (ministry of agriculture,1993) .

يرفد وادي الحسا العديد من الأودية غرب الطريق الصحراوي باتجاه شمال غرب وجنوب شرق القادمة من المنطقة الفاصلة بين حوض الحسا عن حوض الكرك أو باتجاه جنوب شرق –

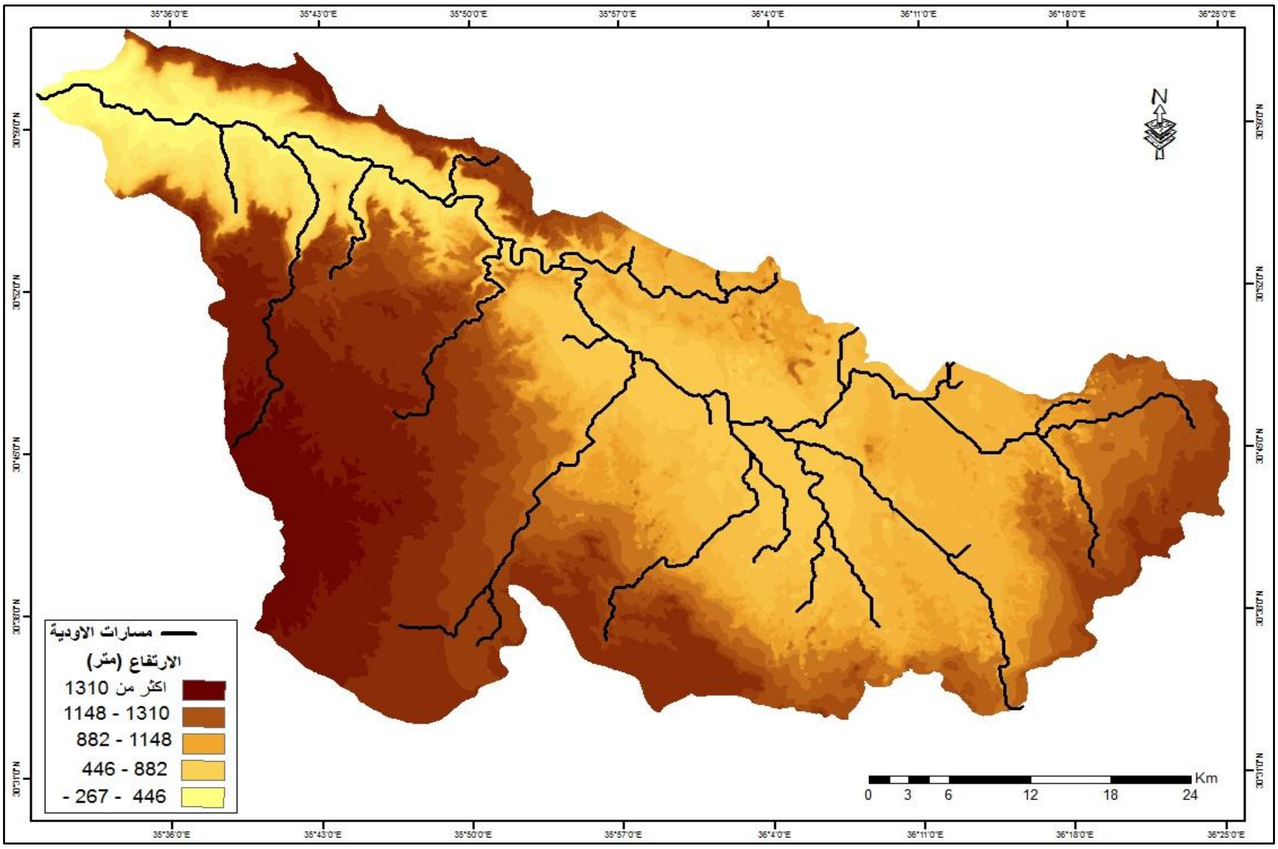
شمال غرب القادمة من شمال الطفيلة والحسينية الجنوبية لتصب في الوادي الرئيسي شكل رقم (20) يوضح الخريطة الطبوغرافية للحوض

ويلاحظ أن خط تقسيم المياه لحدود حوض وادي الحسا يتسع فجأة بعد أن كان ضيقاً ويغير اتجاهه بزاوية حادة ليشمل خط تقسيم مياه حوض آخر وهو حوض قاع الجينز الذي ترفده العديد من الأودية الصحراوية، وبذلك فإن وادي الحسا أسر حوض قاع الجينز في الهضبة الشرقية في فترة البلايستسوين والهولوسين وحول تصريفه لمجراه الرئيسي ولقلة الارتفاع في المرتفعات الهضبة بالنسبة لمنخفضاتها فإن أوديتها قليلة العمق وعريضة وهذا يدل على الحركات التكتوية التي تحكمت في تطور نظام التصريف المائي في المنطقة (ministry of agriculture,1993) .شكل (21) مناسيب الارتفاعات المتساوية، شكل(22) فروق الارتفاعات في حوض وادي الحسا .



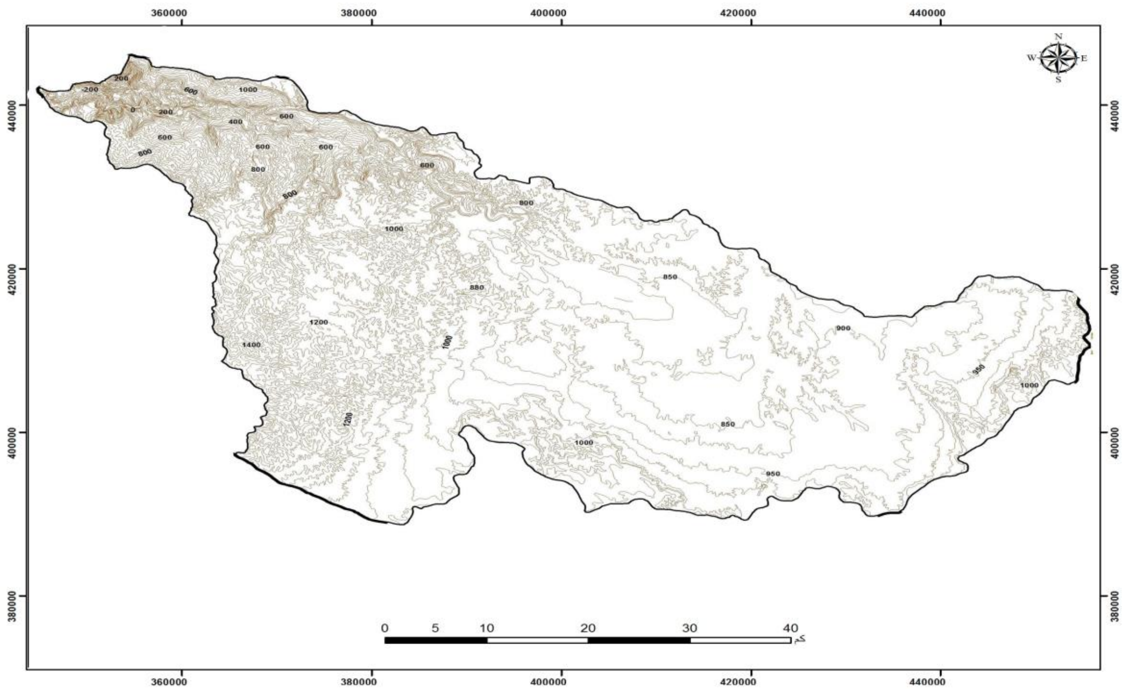
شكل رقم (19)
الارتفاعات الأرضية (DEM) في حوض وادي الحسا

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية



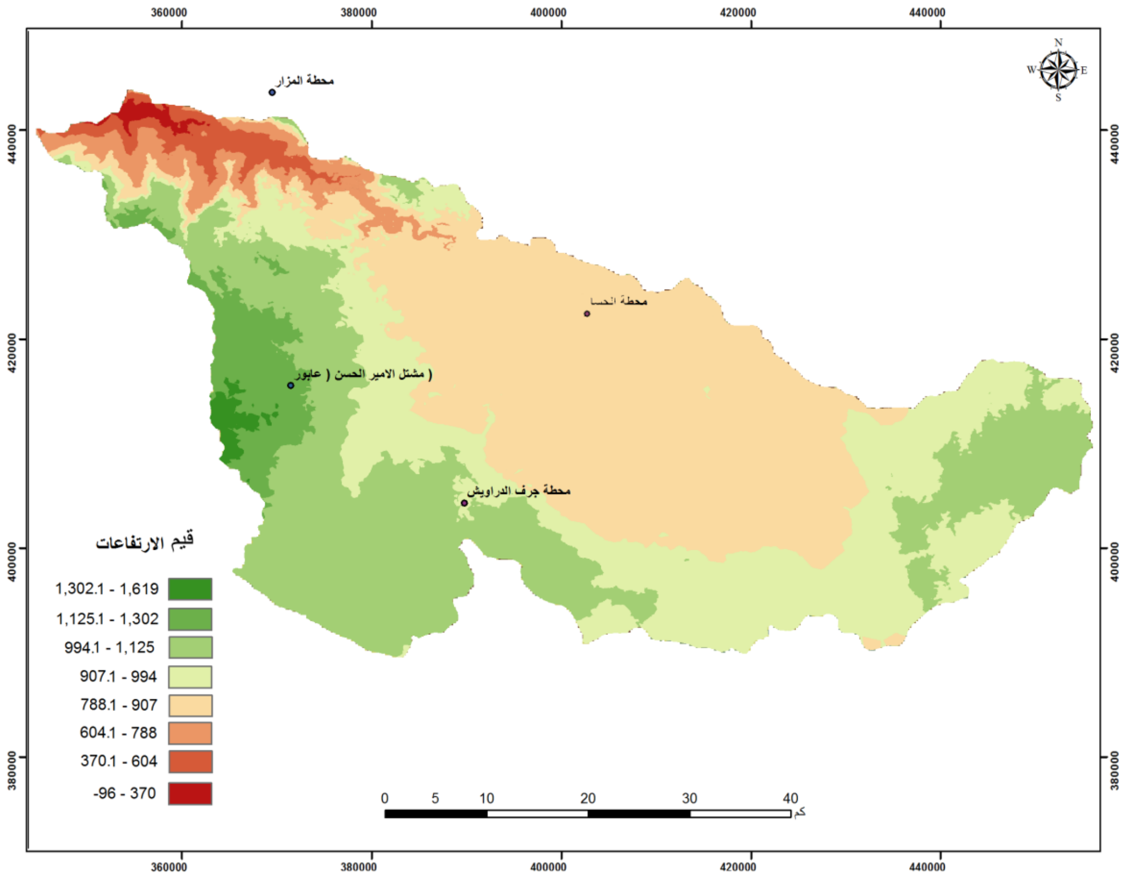
شكل رقم (20)
طبوغرافية حوض وادي الحسا

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية من مقاييس مختلفة



شكل رقم (21)
مناسيب الارتفاعات في حوض وادي الحسا.

المصدر : عمل الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية



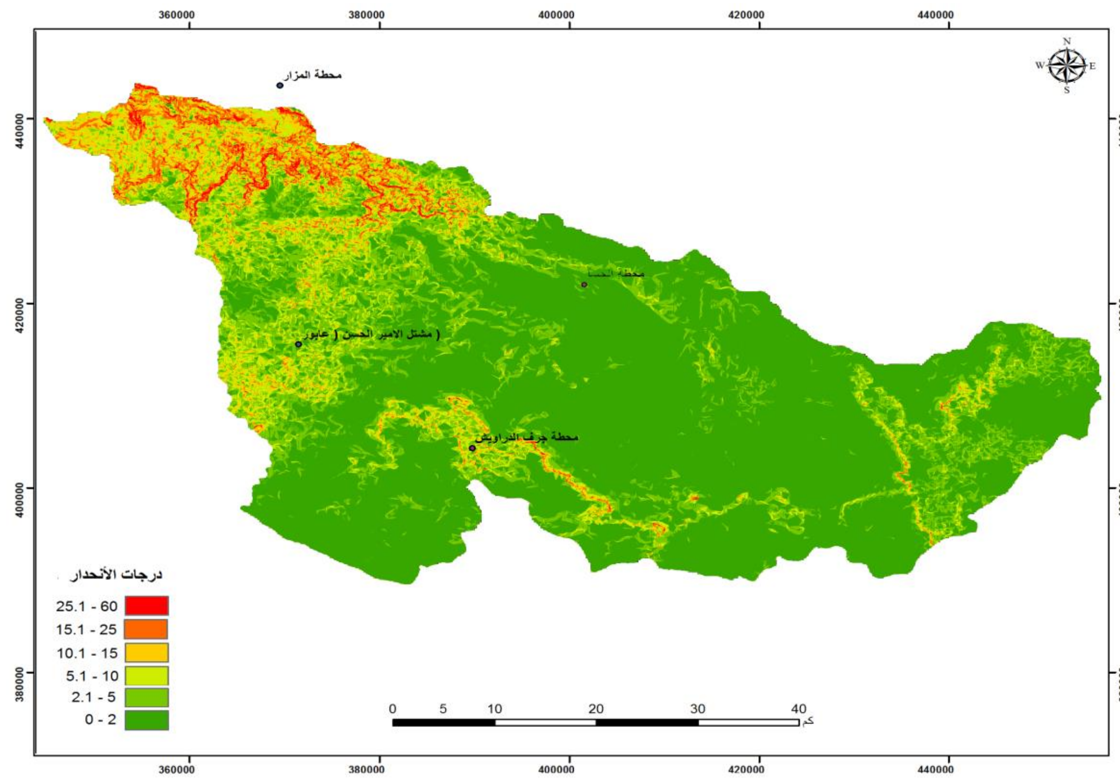
شكل رقم (22)
قيم الارتفاعات في حوض وادي الحسا

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية

الانحدار

يعد الانحدار محصلة للتغيرات البيئية الغابرة والحالية ويعد من العناصر الهامة في أي نظام جيومورفولوجي، وذلك أن تنوع الأشكال الأرضية وتعددها يرتبط باختلاف مناسيبها وانحدارها وتضرسها، ولدراسة الانحدار أهمية بالغة في التخطيط التنموي وإقامة المشاريع المائية والتنموية.

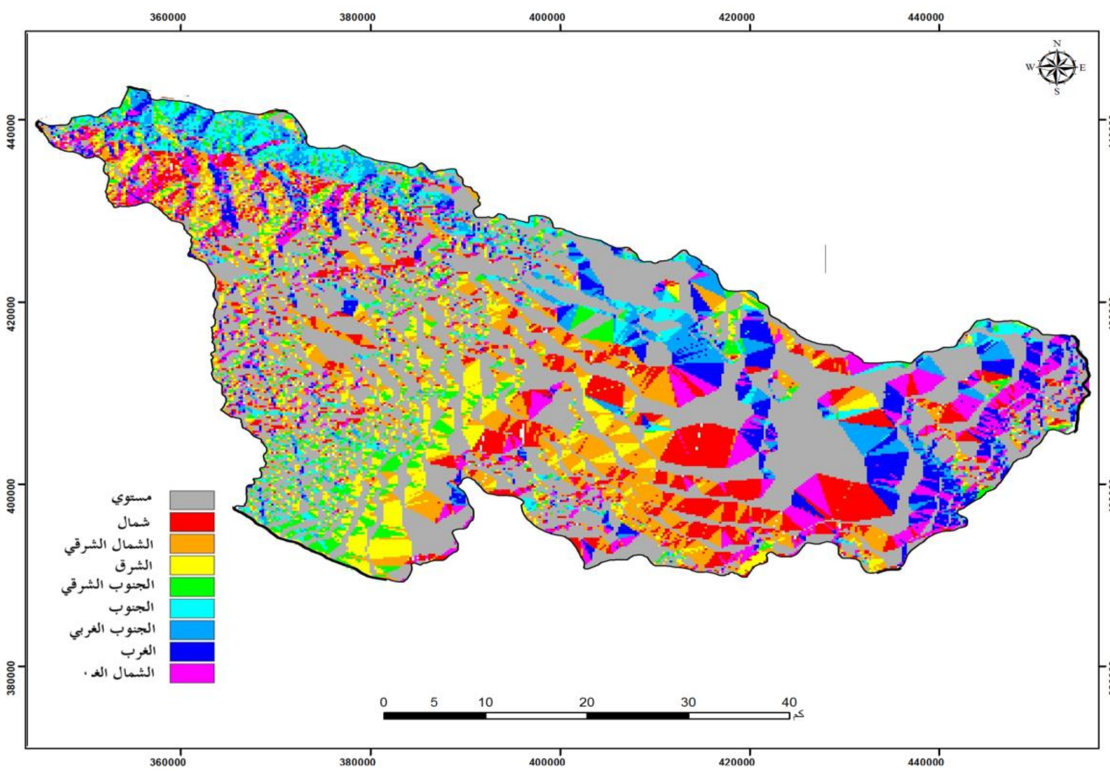
وللمنحدرات أثر عند التخطيط لأي مشروع تنموي ومدى ملائمته للاستعمالات المختلفة حيث تراوحت درجات الانحدار ما بين (صفر –60°) درجة شكل (23)، ومن الملاحظ أن معظم مساحة الحوض تقل درجة الانحدار عن (8°) درجات، وشكل (24) يوضح اتجاهات الانحدار في الحوض، وشكل رقم (25) يبين الارتفاعات الأرضية Hillshael.



شكل رقم (23)

درجات الانحدار في حوض وادي الحسا

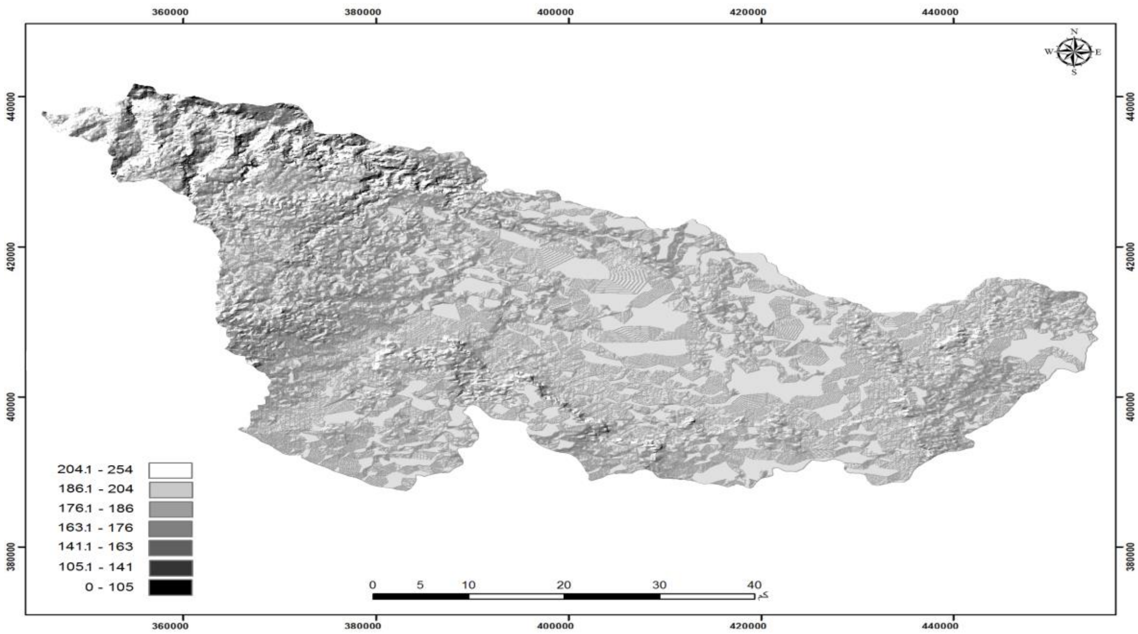
المصدر : عمل الباحث اعتماداً على DEM



شكل رقم (24)

اتجاهات الانحدار في حوض وادي الحسا

المصدر : عمل الباحث اعتماداً على DEM



شكل رقم (25)
الارتفاعات الارضية (Hillshald) لمنطقة الدراسة
المصدر : عمل الباحث اعتماداً على DEM

3.3 الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسا

تعتبر دراسة الخصائص المورفومترية ذات أهمية عند دراسة الأحواض المائية لارتباطها المباشر بالعوامل الطبيعية، خاصة البنية الجيولوجية، والمناخ، والغطاء النباتي، وأية تغيرات تطرأ عليها أيضاً من شأن تلك الخصائص إعطاء صورة واضحة عن هيدرولوجية المجاري المائية، ونتاجها الرسوبي (sediment yield)، ودورها في تطور الأشكال الإرسابية والحتية المختلفة، وتلك الدراسات تشكّل قاعدة ضرورية لاهتمامات ودراسات علمية لها علاقة بالمصادر المائية (سلامة، 1985).

وتعتبر الخصائص المورفومترية المسؤول الرئيسي عن مختلف الظواهر الهيدرولوجية وخاصة ظاهرة الفيضانات، وبما أنّ موضوع البحث يتناول الناحية الهيدرولوجية، فإن الدراسة تناولت جميع الخصائص القياسية والهندسية للحوض، مثل: استخراج مساحة الحوض، وقياس أطوال المجاري المائية بجميع رتبها بواسطة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS.ولتحقيق هدف الدراسة لا بد من دراسة تلك الخصائص وهي:

1.3.3 الخصائص المساحية والشكلية :

مساحة الحوض :

بلغت مساحة حوض وادي الحسا حوالي (2506.61 كم^2) وهي مساحة كبيرة بالنسبة للأحواض المائية في الأردن.

وتأتي مساحة حوض وادي الحسا في المرتبة الثالثة بعد حوض نهر الأردن ، وحوض وادي الموجب كجزء من حوض البحر الميت ، وترتبط مساحة الحوض بظروف المناخ ونوع الصخر والحركات التكتونية والزمن ، بحيث تميل الأحواض المائية إلى زيادة مساحتها إذا نشط الحت المائي في ظل ظروف مناخية رطبة و إذا كانت الصخور الموجودة في الأحواض ليّنة يسهل حتها ، أو إذا تعرّضت لحركات تكتونية أدّت إلى انخفاض مستوى الأساس ، أو رفع منطقة المنابع، أو إذا مرّت بدورة حتيه طويلة الأمد (سلامة، 1985) .

وبمقارنة المساحة الحوضية بكمية الإمطار الهاطلة يلاحظ أن معظم الأحواض كبيرة المساحة تقع في المناطق الجافة، أو قليلة الأمطار ، وقد تعود المساحة الكبيرة لحوض وادي الحسا إلى وقوعه ضمن إقليم المناطق الجافة ، وشبه الجافة ، أو نتيجة الحركات التكتونية الناجمة عن حفرة الانهدام ، والحركات الصدعية ، مثل صدع الكرك ، وصدع وادي الحسا ، وصدع ضانا ، ولقد رافق هذه الصدوع حدوث زحزحات أرضية أفقية، وأخرى عمودية ، ومثل هذه النشاطات التكتونية أثّر بصورة مباشرة على الحت النهري .

المساحة الكبيرة للأحواض النهرية تتيح الفرصة للحوض لاستقبال اكبر قدر ممكن من المياه الساقطة وارتفاع حجم التصريف المائي ، وقلة الوقت اللازم ما بين بداية سقوط الأمطار وبداية حدوث الجريان ، وارتفاع احتمالية حدوث الجريان وطول الوقت اللازم للتصريف مما يتيح الفرصة لاتخاذ الإجراءات اللازمة للحد من خطر السيول .

ويلاحظ أن العلاقة بين المساحة وكمية الأمطار الهاطلة على حوض الحسا هي علاقة ضعيفة ، وذلك لتوزع الأمطار على مساحته الكبيرة ولانخفاض المعدل السنوي الموزون للأمطار الساقطة على الحوض التي تبلغ حوالي (107.24ملم/سنوياً)، ويلاحظ أن الفعّالية الجيومورفولوجية للأمطار الساقطة على الحوض تتوزع على مساحة واسعة وتتعرّض مباشرة للتبخر، والذي يبلغ معدل التبخر في الحوض (137.7ملم) بينما الكمية المتبقية تتوزع ما بين التسرب والجريان السطحي ، إضافة إلى ذلك فإن الأحواض الكبيرة تتصف بانخفاض تضرسها مما يضعف فعّالية الحت المائي ، ولذلك فإن ضعف العلاقة بين المساحة الحوضية ، وكمية

الأمطار يعزى لسيطرة الظروف الجافة وشبه الجافة عليه ، مما يفسح المجال للعوامل البيئية الأخرى في تحديد مساحته خاصة طبيعة الصخور والزمن (سلامة، 2004) ، وقد يرجع كبر مساحة الحوض إلى تكونه في ظروف بيئية رطبة منذ آلاف السنين .

نسبة الاستطالة Elongation Ratios

تم تحديدها بعد معرفة مساحة الحوض وأقصى طول الحوض من خلال المعادلة التالية: (Onosemuode, 2010)

$$\text{نسبة الاستطالة} = \frac{\text{طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض /كم}^2}{\text{أقصى طول للحوض / كم}}$$

مساحة الحوض = مساحة الدائرة

$2506.61 = \text{نق}^2\ \pi$

$2506.61 = 3.14\ \text{نق}^2$

$$\text{نق}^2 = \frac{2506.61}{3.14}$$

$\text{نق}^2 = 798.28$

$\text{نق} = 28.25$ $\qquad$ $\text{ق} = 56.5$

وبما أن أقصى طول للحوض هو = 95.44 كم

$$\text{فإن نسبة الاستطالة} = \frac{56.5}{95.44} = 0.592$$

تصف نسبة الاستطالة امتداد مساحة الحوض مقارنة بالشكل المستطيل، حيث ترتفع النسبة في الأحواض الطويلة كما هو في حوض وادي الحسا، والتي بلغت نسبة الاستطالة (0.592) إضافة إلى ذلك فإن لنسبة الاستطالة دلالة على وعورة جوانب الوادي، وخاصة في الحوض الأعلى في المناطق الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية وتتوقف نسبة الاستطالة على الظروف المناخية والجيولوجية كما هو في جميع الأحواض المائية .

وبشكل عام إذا كانت قيمة نسبة الاستطالة قريبة من واحد صحيح فإن الحوض المائي يمتاز بتواضع المناسيب فيه، بينما إذا بلغت نسبة الاستطالة 0.6 – 0.8 فإنه يدل على تضرس المنطقة وشدة الانحدار، وفي الأحواض المائية في الأردن بلغ متوسط معدل نسبة الاستطالة حوالي 0.596 بمعنى أنها متوسطة الاستطالة، وبما أن نسبة الاستطالة متوسطة يعني ذلك أن هناك تقدم مستمر في عملية التعرية والحت، أي أن الوادي في مرحلة الشباب (سلامة، 1980) .

استدارة الحوض Circularity

وتـــم اســـتخراجه بعـــد حســـاب مســـاحة الحـــوض ومحيطـــه وفـــق المعادلـــة التاليـــة : (Onosemuode, 2010)

استدارة الحوض = $\frac{\text{مساحة الحوض / كم}^2}{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض /كم}^2}$

وبما أن مساحة الحوض = 2506.61، محيط الحوض = 294.17 كم

محيط الحوض = محيط الدائرة

294.17 = 2نق^{2}π = 2 نق^2 × 3.14

نق= $\frac{294.17}{2 \times 3.14}$ = 46.85

ق = 93.7

مساحة الدائرة = نق^2 π = نق^2 × 3.14

= 46.85 × 46.85 × 3.14

= 6892.1

استدارة الحوض = $\frac{2506.61}{6892.1}$ = 0.36

إن نسبة الاستدارة للحوض المائي تدل على قرب أو بعد شكل الحوض من الشكل الدائري، حيث بلغت في حوض وادي الحسا (0.36) مما يعني أن الحوض بعيد عن الشكل الدائري المنتظم؛ لانخفاض قيمة الاستدارة، مما يؤثر ذلك على طول المجاري المائية وخطوط تقسيم المياه، وكذلك يعني عدم تعرض الحوض لفترة طويلة من الحت المائي، أي أنه في مرحلة الشباب، ولانخفاض نسبة الاستدارة للحوض مما يعني أن محيط الحوض قليل التعرج، ويرجع إلى مرحلة الشباب في علمية التعرية والحت المائي، وتتميز المنابع العليا من الحوض بمعدل أقل من المنابع السفلى، وبناء على ذلك فإن وادي الحسا ما زال في مرحلة الشباب، إضافة إلى تجدد شباب هذا الوادي ما زال ظاهراً فيه فكثرة التعرجات واختلاف الطبوغرافيا وانتشار الخوانق والمدرجات دليل على ذلك .

معامل شكل الحوض Form Factor

تم حساب المعامل من خلال المعادلة التالية (Nyodawa,2010.)

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مربع طول الحوض/ كم}^2}$$

وبما أن مساحة الحوض 2503.61 كم^2 وطول الحوض 95.44 كم، فإن :

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{2506.61}{95.44 \times 95.44} = 0.275$$

بذلك فإن الحوض قريب من الشكل المثلثي نظراً لانخفاض قيمة معامل شكل الحوض، حيث يتغير عرض الحوض من منطقة المنابع وحتى منطقة المصب، وإن نسبة معامل الشكل تتناسب طردياً مع نسبة الاستطالة، فيؤثر شكل الحوض على كمية الصبيب المائي وعلى طبيعة الجريان أيضاً، فتنخفض كمية الصبيب المائي في الشكل الطولي مما يقلل من احتمالية حدوث الفيضانات وهذا ما يلاحظ في حوض وادي الحسا.

2.3.3 الخصائص التضاريسية وتشمل :

نسبة التضرس

تعد دراسة تضاريس الأحواض المائية ونسبة التضرس ذات أهمية في معرفة العلاقة المباشرة بين التضاريس والمتغيرات المتمثلة بعمليات الحت النهري، والدورة الحتية والعمليات التكتونية وارتباط ذلك بنوع الصخر في هذه الأحواض، وتتضح أهمية دراسة التضاريس ونسبة التضرس ضمن ربطها بمساحة الأحواض المائية ومعاملها الهبسومتري، حيث ينشأ عن ذلك علاقات عكسية، فقد تبين أن الأحواض المائية شديدة التضرس، تتميز بمساحة أقل ومعامل هبسومتري منخفض، وخاصة عندما تكون الأحواض المائية في المراحل الأولى من الدورة الحتية، حيث تنخفض نسبة تضرسها التي ينجم عنها زيادة مساحة الأحواض وانخفاض قيمة المعامل الهبسومتري (سلامة،1980). من ناحية أخرى توجد علاقات ايجابية بين نسبة التضرس والكثافة التصريفية والتكرار النهري .

تم تحديد نسبة التضرس من خلال معرفة أعلى ارتفاع للحوض وأدنى منسوب إضافة إلى طول المجرى المائي وذلك وفق المعادلة التالية: (kusre,2013).

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{الفرق بين أعلى نقطة وأدنى نقطة في الحوض (م)}}{\text{طول الحوض/ كم}}$$

بما أن أعلى نقطة في الحوض : 1605 وأدنى نقطة 322 م تحت مستوى سطح البحر فإن نسبة التضرس =

$$= \frac{1927}{95.44} = 20.2$$ م/كم

تعد هذه النسبة منخفضة وتعكس شدة تضرس الشبكة المائية على ارتفاع كثافة شبكة التصريف المائي .

التضاريس النسبية Relative Relief

ويعبر عن التضاريس النسبية بالعلاقة التالية : (Jenita, 2011)

التضاريس النسبية = (الفرق بين أعلى نقطة في الحوض (م) وأدنى نقطة في الحوض (م) ÷ أقصى طول في الحوض (كم)) × 100%

$$= \frac{1605 - -322}{95.44} \times 100 = 0.202 \ \%$$

حيث بلغت قيمة التضاريس النسبية للحوض (0.202%) ويلاحظ من ذلك الانخفاض الواضح في القيمة وهذا يدل على أن نسبة التغير منخفضة ضمن مساحة معينة داخل الحوض نفسه .

معامل الانعطاف Detour factor (معامل الالتواء)

معامل الانعطاف يعبر عن العلاقة بين طول المجرى الحقيقي الذي يمثل المسافة التي تقطعها مياه الوادي من بداية تجمعها إلى مصبها وطول المجرى المثالي الذي يمثل أقصر مسافة يسلكها المجرى من بداية تجمعها إلى المصب، حسب المعادلة التالية (Wilson,1990).

معامل الانعطاف = طول المجرى الفعلي كم ÷ طول الحوض كم

تشير القاعدة العامة أنه كلما كان معامل الانعطاف أقل من (1)، اقترب المجرى من الخط المستقيم وهذا يزيد من سرعة الميل وقصر المسافة التي تقطعها، وبالتالي تنخفض قيمة التبخر والتسرب (Wilson,1990) وهذا ما لا ينطبق على حوض الحسا، فقد بلغ معامل الانعطاف للحوض (1.21) أي أنه يبتعد عن الشكل المستقيم وهذا يزيد من احتمالية تبخر وترشح المياه، وبالتالي فقدانها نتيجة طول المسافة التي تقطعها مياه الوادي الناجم عن ارتفاع معامل الانعطاف .

المعامل الهبسومتري Hypermetric integral

يمثل المعامل الهبسومتري مقياساً زمنياً يعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية، إضافة إلى أنه يشير لكمية المواد الصخرية التي لا تزال تنتظر دورها في العملية الحتية (سلامة، 1980).

ويعبر المعامل الهبسومتري بالعلاقة التالية :

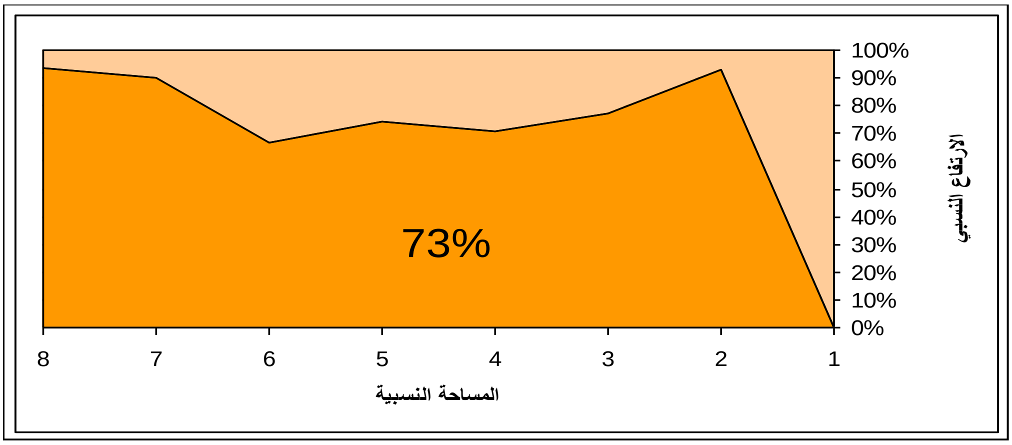
المعامل الهبسومتري= الارتفاع النسبي / المساحة النسبية (حمدان، وابو عمرة، 2010)

ويمثل الارتفاع النسبي النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور في الحوض إلى أقصى ارتفاع في الحوض والمساحة النسبية تمثل المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض، ويمكن تطبيق هذه العلاقة على حوض الحسا والذي تبلغ مساحته (2506.61 كم^2) ويبلغ أقصى ارتفاع في الحوض (1605 م) وأدنى ارتفاع (-322 م) والجدول رقم (9) يبين ذلك.

جدول رقم (9)
المعامل الهبسومتري

الارتفاع	الارتفاع النسبي	المساحة المحصورة	المساحة النسبية
1280	80	133.2	5.3
1220	76	213.36	8.5
920	57	714.2	28.5
880	55	472.04	18.9
840	52	535.64	21.4
800	50	373.48	14.9
400	25	49.26	1.9
0	0	12.4	0.5

بلغ المعامل الهبسومتري لحوض الحسا (73%) شكل(26) وتعتبر هذه القيمة منخفضة ودلالة ذلك أنه ما زال في مرحلة الشباب، حيث أن هناك كمية كبيرة من الحمولة الصخرية ما زالت تنتظر دورها في العملية الحتية، وقد يعود السبب في ذلك إلى انخفاض نسبة التضرس في المنابع العليا والوسطى، حيث لم يستطيع تفريغ الجزء الأعظم من حمولته، كما أنه لم يستطع تعميق مجراه، إضافة إلى أنه يقع ضمن النطاق الجاف من الأردن، وضعف عملية الحت نتيجة انخفاض كمية الأمطار والتصريف المائي، وبالتالي في حالة توفر الظروف البيئية المناسبة يعمل على استمرار الإنتاج الرسوبي .



شكل رقم(26)
المعامل الهبسومتري لمنطقة الدراسة

3.3.3 الشبكة المائية في حوض وادي الحسا

تتكون الشبكة المائية لأي حوض مائي من الروافد الرئيسية والثانوية، إضافة إلى المجرى الرئيسي في الحوض المائي ويوضح الشكل (27) الشبكة المائية لحوض الحسا .

ويستدل على الشبكة المائية لأي حوض مائي من خلال دراسة الخصائص التالية:

الكثافة التصريفية Drainage Density

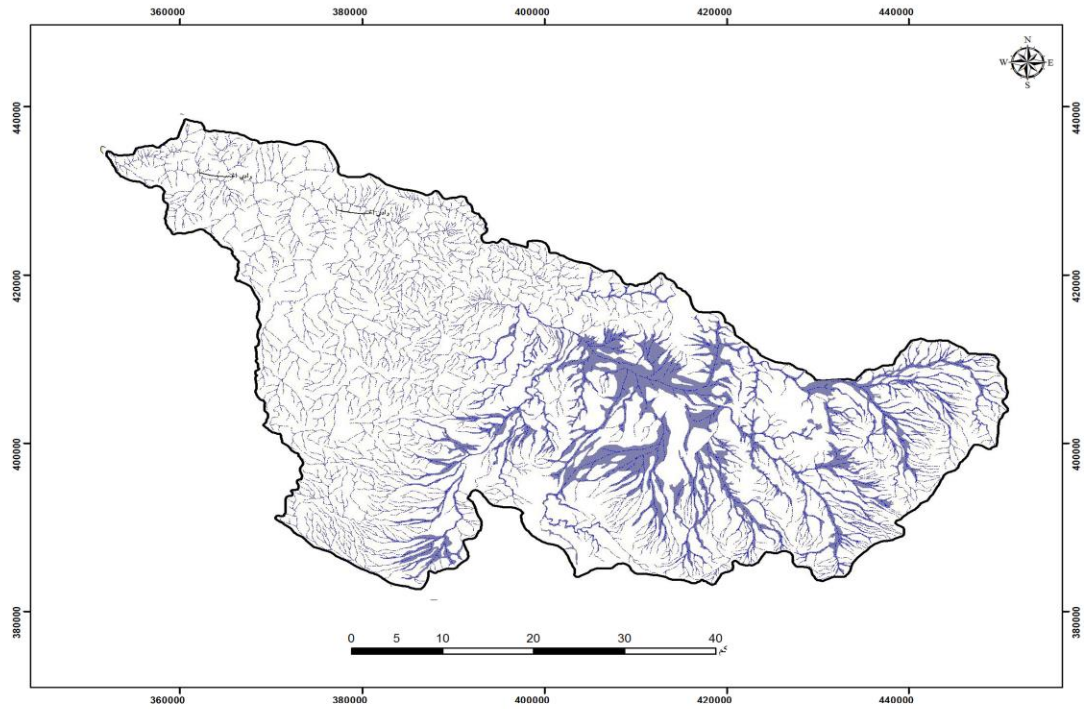
تم حساب الكثافة التصريفية لحوض الحسا من خلال العلاقة التالية : (أبو سليم، 2010)

$$\text{الكثافة التصريفية} = \frac{\text{طول المجاري المائية بجميع رتبها / كم}}{\text{مساحة الحوض /كم}^2}$$

تعبر الكثافة التصريفية عن درجة تقطع سطح الأرض بالأقنية المائية ومدى تأثرها بالنشاط الحتي، كما تعكس فعالية الجريان المائي في نقل الرواسب . (سلامة، 1980)

بلغت الكثافة التصريفية في حوض وادي الحسا (1.5كم/ كم^2)، ويلاحظ إن الكثافة التصريفية ستقع ضمن الكثافات المنخفضة، وبالتالي تعكس الكثافة التصريفية المنخفضة الظروف المناخية السائدة في الحوض والمرتبطة بانخفاض معدلات الإمطار.

قد يعود السبب في انخفاض الكثافة التصريفية في حوض الحسا إلى ضعف النشاط الحتي المرتبط بالعوامل المناخية الناتجة من انخفاض كمية الأمطار وإلى طبيعة الصخر الذي يتكون منه حوض الحسا وهذا يعكس ضعف العلاقة بين الكثافة التصريفية والرتب النهرية في الحوض.



شكل رقم (27)

الشبكة المائية في حوض وادي الحسا

التكرار النهري Stream Frequency

وتم حساب التكرار النهري كالتالي : (سلامة، 2004)

التكرار النهري = مجموع عدد المجاري المائية بجميع رتبها في الحوض / مساحة الحوض (كم^2)

وبتطبيق العلاقة المتعلقة بالتكرار النهري بلغ التكرار النهري في حوض الحسا (1.32 مجرى / كم^2) ويلاحظ انخفاض التكرار النهري في الحوض، وذلك لأن العلاقة بين مساحة الأحواض المائية بشكل عام والتكرار النهري علاقة عكسية، بينما تبرز العلاقات الايجابية بين الكثافة التصريفية والتكرار النهري، وقد بلغ معدل التكرار النهري في الأردن بشكل عام حوالي (11.39) مجرى/ كم^2) (سلامة ،1980)

وقد بلغت أعلى قيمة للتكرار النهري لروافد المرتبة الأولى (0.75 مجرى /كم^2)، حيث تمثل هذه الروافد المرحلة الأولى لتطور المجاري المائية الرئيسية وكانت أدنى قيمة للتكرار النهري لروافد الرتبة الخامسة (0.024 مجرى /كم^2) .

وللتكرار النهري دلالات جيومورفولوجية في الحوض، حيث تشير إلى ضعف عمليات الحت الناتجة عن ظروف الجفاف السائدة، وأن هناك مساحات واسعة ما زالت معرّضة للحت إذا توفرت الظروف المناخية السائدة كزيادة التساقط المطري

معدل التشعب النهري Bifurcation Ratio

تم حساب نسبة التشعب النهري في الحوض من خلال العلاقة التالية : (Subhash,2011)

$$\text{نسبة التشعب النهري} = \frac{\text{عدد الأنهار من رتبة معينة}}{\text{عدد الأنهار من الرتبة التالية}}$$

نسبة التشعب النهري تتغير إذا ما تعرض النهر لعمليات تكتونية، ففي حوض الحسا يتصف معظم حوضه وخاصة الأعلى والأوسط بالاستواء ويوضح الجدول (10) نسبة التشعب لحوض الحسا .

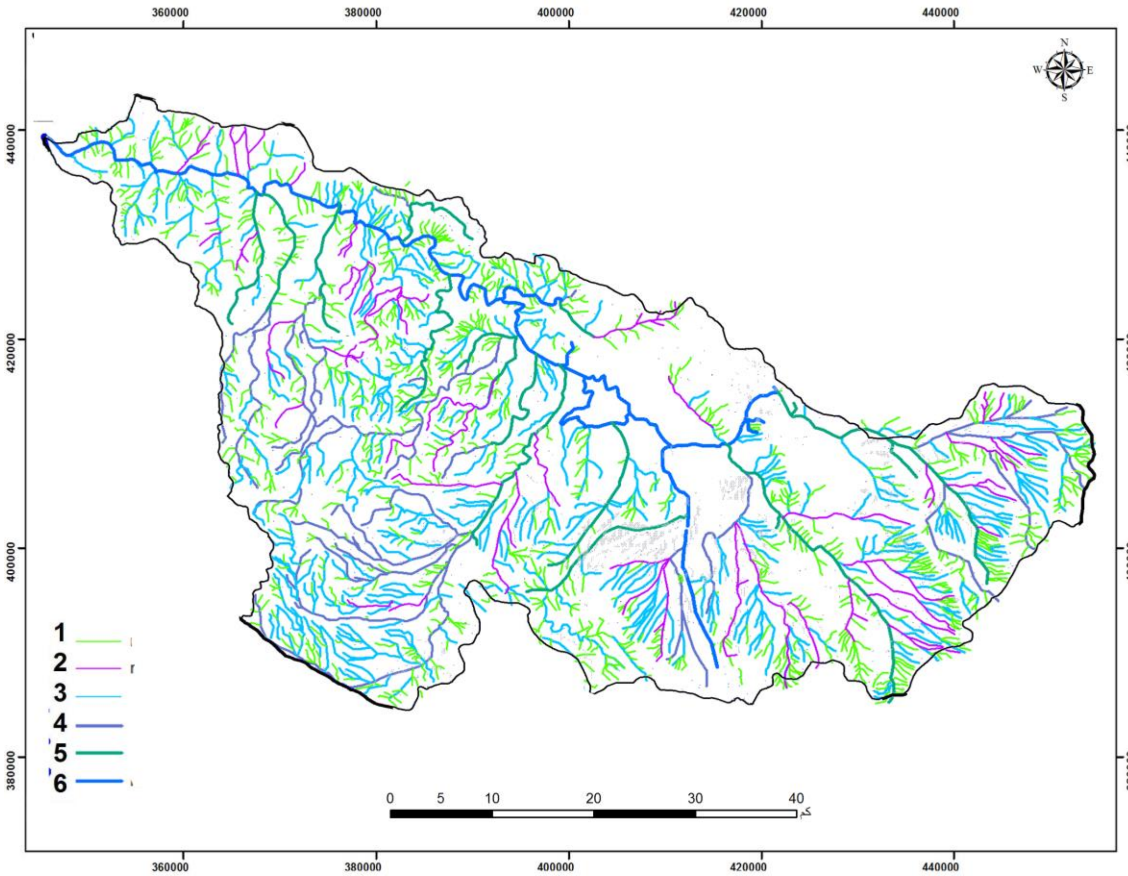
جدول (10)
نسبة التشعب النهري في حوض وادي الحسا

رتبة النهر	طول المجرى كم	عدد المجاري	نسبة التشعب النهري
1	2252.47	1868	
2	730.712	727	2.6
3	349.41	320	2.3
4	207.43	200	1.6
5	75.88	59	3.4
6	85.1	139	0.4
جميع الرتب	3701	3313	

ويلاحظ أن نسبة التشعب تعكس مدى الانتظام في تتابع المجاري المائية للرتب النهرية، حيث يشكل كل (2.6 مجرى) من الرتبة الأولى مجرى من الرتبة الثانية، و (2.3 مجرى) من الرتبة الثانية مجرى من الرتبة الثالثة، وهكذا، وبالتالي ليس هناك علاقة منتظمة بين الرتب النهرية، وتشير نسبة التشعب النهري في المرتبة الأولى والثانية أن الحوض ما زال يتطور ويزداد الحت باتجاه المنابع (الحت التراجعي)، وخاصة عند هطول كميات كبيرة من الأمطار، حيث تساهم في زيادة الإنتاج الرسوبي .

الرتب النهرية Stream order

يقصد برتبة النهر بناءً على تصنيف ستريلر (Strahler, 1957)) إن المجاري المائية التي لا تصب في أية مجاري مائية تعتبر مجاري المائية ذات الرتبة الأولى، وعند التقاء رافدين مائيين أو أكثر من الرتبة الأولى يتكون مجرى مائي ذات الرتبة الثانية وهكذا وبناء على ذلك ينتمي وادي الحسا إلى الرتبة السادسة شكل (28).



شكل رقم (28)
المراتب النهرية في حوض وادي الحسا

معدل النسيج الحوض Texture Ratio

تم حساب معدل النسيج الحوضي من خلال : (Rasool, 2011)

$$\text{معدل النسيج الحوضي} = \frac{\text{مجموع النتوءات البارزة في أي خط كنتوري في الحوض}}{\text{طول محيط الحوض نفسه (كم)}}$$

حيث بلغ مجموع النتوءات البارزة في الخط الكنتوري (800) في الحوض (309) و طول محيط الحوض حوالي (294.17 كم) وبتطبيق المعادلة فقد بلغ معدل النسيج الحوضي في وادي الحسا (1.05) وهذا يعطي صورة واضحة عن الشبكة المائية و على نوعية الطبوغرافيا للحوض من خلال فعاليتها الحتية، ودرجة التطور التحاتي للحوض، فالمناطق التي يسود فيها صخور صماء قليلة النفاذية والمسامية، وتنخفض فيها كثافة الغطاء النباتي وتمتاز بالتضرس، وتسمح بوجود جريان مائي سطحي، بحيث ترتفع معدلات التعرية مما يؤدي إلى تشويه سطح الأرض، في حين أن المناطق التي يسود فيها صخور لينة مرتفعة المسامية والكثافة النباتية، ينخفض معدل الحت لزيادة التسرب، وكذلك تنعكس على وعورة السفح .

ويبلغ معدل النسيج الحوضي في الأردن للأحواض الرملية (1.6) وفي الأحواض الجرانيتية (1.45)، وفي الأحواض الجيرية (1.41) وفي الأحواض البازلتية (0.74)، وبشكل عام فإن العلاقة بين معدل النسيج الحوض والخصائص الحوضية مثل الاستدارة والكثافة التصريفية علاقة ضعيفة(سلامة ،1980) .

ولانخفاض معدل النسيج الحوضي لحوض الحسا دلالة جيومورفولوجية فيدل على طبوغرافية متضرسة للحوض، وأنه ما زال في المرحلة الأولى من دورة التعرية

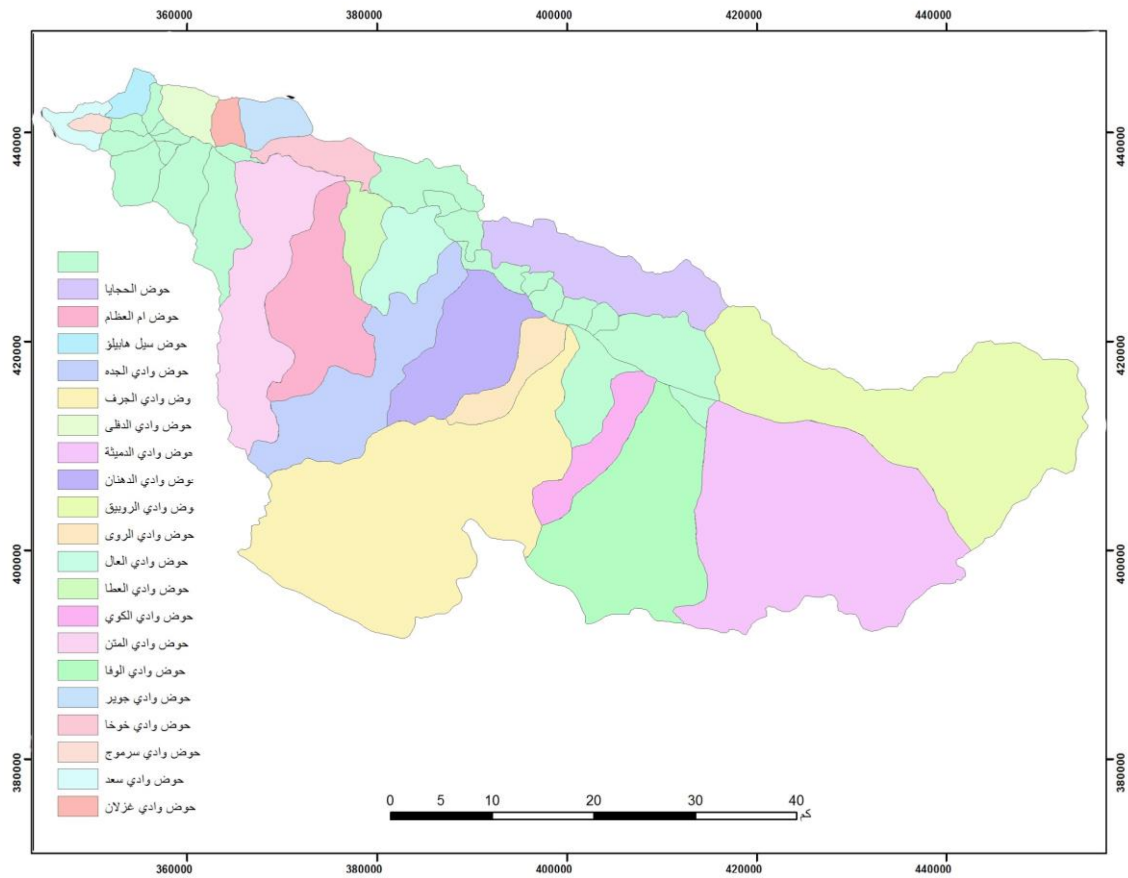
4.3.3 نمط الشبكة المائية في حوض الحسا

تتأثر الشبكة المائية لأي حوض مائي في مراحل تطورها بعوامل مختلفة، كالعوامل النباتية والصخرية والطبوغرافية والمناخية، وتبعاً لذلك يوجد أنماط مختلفة للشبكة المائية من حوض لآخر، ويمكن ملاحظة أن نمط الشبكة المائية الذي ينتشر في حوض الحسا وهو النمط الشجري، ويسود نمط التصريف الشجري في الروافد الغربية، في حين يسود النمط المركزي في الروافد الشرقية .

إضافة إلى ذلك تم دراسة ست أحواض فرعية (Sub Basins) ملحق (2) داخل خط تقسيم المياه لحوض وادي الحسا شكل (29) من حيث الخصائص المورفومترية، ويبين الجدول (11) الخصائص القياسية لتلك الأحواض الفرعية، وتوضح الجداول (12 و 13 و 14) الخصائص المورفومترية للأحواض الفرعية، وبناء عليه يستدل من هذه الخصائص ما يلي :

جدول رقم (11)
الخصائص القياسية للأحواض الفرعية

اسم الحوض	المساحة كم^2	محيط الحوض كم	عدد المجاري في المرتبة الأولى	عدد المجاري في المرتبة الثانية	عدد المجاري في المرتبة الثالثة	عدد المجاري في المرتبة الرابعة	عدد المجاري في المرتبة الخامسة	عدد المجاري في المرتبة السادسة	أطوال المجاري	أقصى ارتفاع	أدنى ارتفاع	الفرق في الارتفاع	أقصى امتداد	الامتداد الحقيقي
حوض وادي النعضية	331.15	100.46	265	80	7	3	1	0	492.66	1040	840	200	34.94	41.66
حوض وادي الباعجة	379.79	88.69	324	65	17	4	2	1	593.025	1045	820	225	28.01	38.76
حوض وادي الدميثة	216.43	69،04	93	20	7	2	1	0	246.91	1085	820	265	24.9	32.01
حوض وادي البهية	399.66	113.65	17	3	1	0	0	0	647.79	1520	820	700	36.38	52.34
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	101.65	48،97	349	48	13	4	1	0	170.87	1130	800	330	17.77	22.91
وادي أبو اضباع	114.12	60،5	74	16	7	2	1	0	169.44	1405	440	965	22.83	28.66



شكل رقم (29)
الأحواض الفرعية لحوض وادي الحسا

جدول رقم (12)
الخصائص المساحية والشكلية

اسم الحوض	المساحة	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	معامل شكل الحوض
حوض وادي النعضية	331.15	0.588	0.41	0.27
حوض وادي الباعجة	379.79	0.785	0.61	0.48
حوض وادي الدميثة	216.43	0.667	0.57	0.35
حوض وادي البهية	399.66	0.62	0.39	0.302
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	101.65	0.64	0.53	0.322
وادي أبو اضباع	114.12	0.528	0.40	0.22

جدول رقم (13)

الخصائص التضاريسية

اسم الحوض	نسبة التضرس م/كم	معامل الانعطاف
حوض وادي النعضية	5.7	1.3
حوض وادي الباعجة	8.3	1.38
حوض وادي الدميثة	10.6	1.29
حوض وادي البهية	19.2	1.44
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	18.6	1.29
وادي أبو اضباع	42.26	1.26

جدول رقم (14)

خصائص الشبكة المائية

اسم الحوض	الكثافة التصريفية	التكرار النهري	معدل التشعب في مجاري الرتبة الأولى	معدل التشعب في مجاري الرتبة الثانية	معدل التشعب في مجاري الرتبة الثالثة	معدل التشعب في مجاري الرتبة الرابعة	معدل التشعب في مجاري الرتبة الخامسة
حوض وادي النعضية	1.488	1.08	3.3	11.43	2.3	3	0
حوض وادي الباعجة	1.56	1.09	4.98	3.8	4.25	2	2
حوض وادي الدميثة	1.14	0.57	4.65	2،86	3.5	2	0
حوض وادي البهية	1.62	0،053	5.7	3	0	0	0
حوض وادي الجرف – برما – سمرا	1.68	4.08	7.3	3.69	3.25	4	0
وادي أبو اضباع	1.48	0.88	4.63	2.29	3.5	2	0

الفصل الرابع

1.4 موارد المياه السطحية في حوض وادي الحسا

تعتمد المياه السطحية في حوض وادي الحسا على مصدرين رئيسيين : الأمطار التي تتميز بندرتها وتذبذبها مكانياً وزمانياً، حيث يصل معدل حجم الأمطار التي تسقط على الحوض (274.22 م م^3 /السنة)، وتتعرض معظم هذه الكمية إلى التبخر نظراً لانتشار الظروف الجافة وشبه الجافة التي تسود في الحوض، حيث يقدر معدل كمية التبخر بحوالي (249.85م م^3/ السنة)، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض مساهمة الأمطار في رفد الجريان السطحي لحوض الحسا، إضافة إلى انخفاض مساهمتها في تغذية المياه الجوفية، إذ قدر معدل التغذية حوالي (23.37م.م^3/ السنة) (وزارة المياه والري، 2013م).

أمّا المصدر الثاني للمياه السطحية في حوض وادي الحسا هو الجريان الأساس والذي يعبر عن التصريف الدائم لوادي الحسا، ويتغذى بالمياه الجوفية عن طريق الينابيع والفوالق والشقوق والنزازات Seepage التي تنتشر في بطن الوادي وعلى ضفاف المجرى الرئيس، وتتأثر كمية التغذية لجريان وادي الحسا على نوعية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية وكمية التصريف ونوعيته، فهناك مجموعة من الينابيع تنتشر في الوادي تساهم باستمرار التغذية لجريان الأساس، مما يؤدي إلى استمرار الجريان، بينما هناك روافد في الحوض تتصف بالجريان المتقطع بسبب موسمية التصريف لها، إضافة إلى ضعف كمية التغذية .

وتؤثر الطبقات الحاملة للمياه على كمية التصريف وعلى خصائص الجريان الأساس، حيث أنَّ بعد الطبقات الحاملة، أو قربها من مصادر التغذية يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على الجريان الأساس .

مما سبق يتضح أن الموارد المائية السطحية تتصف بالانخفاض والتذبذب الناجم عن الظروف الطبيعية للحوض، ونظراً لذلك فإنَّ هناك تحديات في تأمين الاحتياجات المائية للاستعمالات المختلفة، مما يتطلب إدارة فاعلة تقوم على التخطيط المناسب للموارد المائية في حوض وادي الحسا، ولا بدَّ من وضع الأولويات للاستخدامات المختلفة وتطوير المصادر المائية المتاحة، وفيما يلي دراسة تفصيلية لمصادر المياه السطحية.

1.1.4 الأمطار

تقييم الأمطار الساقطة على الحوض

تتكون محطات رصد المياه في الحوض من المحطات المطرية والتبخر والفيضانات والينابيع، وتعدّ محطات قياس الفيضانات من أكثر المحطات الهيدرولوجية تعقيداً لكونها تحتاج إلى مراقبة وصيانة مستمرة للحصول على معلومات دقيقة لجميع الدراسات المائية المختلفة، وتتألف محطات المطر التي استطاع الباحث الحصول عليها أربع محطات مطرية تعمل بصورة دائمة، وإلى حدّ ما تعتبر هذه مقبولة في حالة التشابه الطبوغرافي للمحطات المطرية في الحوض، فعلى سبيل المثال تحتاج المناطق الجبلية التي تتميز بمناخ البحر المتوسط أو المناطق الاستوائية إلى مقياس مطري لكل (250-1000 كم^2)، بينما تحتاج المناطق الجافة أو القطبية إلى مقياس مطري واحد لكل (1500-10.000كم^2)، وتعتمد على الإمكانيات المتوفرة (Kumar, 1996)

ولتقدير الموارد المائية لمكان ما، لا بد من احتساب كمية الأمطار الساقطة على ذلك المكان، وتقدير كمية الأمطار يتطلب معرفة واسعة للتوزيع الجغرافي للأمطار واختلاف غزارتها من مكان لأخر و الذي ينجم عن عوامل كثيرة مثل التباين الطبوغرافي للمنطقة .

وقياس كمية الأمطار يختلف من حيث الأسلوب من مكان لأخر؛ فقياس الأمطار في المناطق السهلية والرطبة والجبلية يختلف عن قياس الأمطار الموزونة وخطوط المطر المتساوية في الأولى، وفي الثانية يلجأ الباحث إلى القياس العادي الذي يتمثّل في جمع متوسطات الأمطار الساقطة في محطة ما، وبالتالي استخراج معدل الأمطار وضربه في مساحة المنطقة، وبذلك يلاحظ أن مجال الخطأ في قياس كمية الأمطار الجبلية أكثر من مجال الخطأ في المناطق السهلية والرطبة (شحادة، 1990) .

ونظراً لذلك فإنّ الظروف الطبيعية السائدة في منطقة الدراسة هي التي تبين استخدام الأسلوب المناسب للوصول إلى النتائج المطلوبة .

وإذا لوحظ وجود معامل اختلاف مرتفع لكميات الإمطار الساقطة على محطات قياس المطر، فإنّ ذلك مؤشر على أن الحوض التي تنتشر فيه تلك المحطات يحتاج إلى مقياس مطر واحد لكل (40-100 كم2) كون معامل الاختلاف الكبير دليل على وجو فوارق كبيرة بين كميات الأمطار الساقطة على المحطات المطرية.

فالذي يؤثر على كميات التساقط المطري على هذه المحطات هو الفروقات الكبيرة في الارتفاع عن سطح البحر والتباين في طبوغرافية مواقع هذه المحطات.

يوجد في الحوض (6) محطات مطرية، ونظراً لقرب المحطات من بعضها فقد تم الاعتماد على ثلاث محطات مطرية في الحوض ومحطة مطرية تقع خارج حدود الحوض في الشمال الغربي من الحوض وهي محطة المزار، إضافة إلى المحطات التي ترصد كميات الأمطار يوجد في الحوض

محطة للتبخر في الحوض وهي محطتي الحسا، بالإضافة إلى محطة للتبخر تقع بالقرب من الحوض قرب منطقة المصب وهي محطة غور الصافي، إضافة إلى ذلك هناك محطتين قياس للجريان .

ومن المعروف أن كمية الأمطار تقاس بالملم، وهذه الوحدة تمثل عمق طبقة الماء الساقطة أو سمكها، وفي هذه الحالة إن الملمتر الواحد من الماء فوق المتر المربع يعطي سمكاً مقداره ملم الواحد، إضافة إلى ذلك تقاس الأمطار بالبوصة أو بأجزاء من البوصة وهذا ينتشر في كثير من دول العالم، وخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية .

و يتم تحديد القياس تبعاً للهدف منه، فإما أنْ يكون يومياً أو شهرياً أو سنوياً وفي حالات خاصة تقاس الأمطار لكل ساعة أو نصف ساعة .

أجريت قياسات كميات الأمطار في الحوض من خلال المحطات المطرية ، ويبين الجدول رقم (15) المحطات المطرية وموقعها وارتفاعها عن مستوى سطح البحر .

جدول رقم (15)

المحطات المطرية في حوض وادي الحسا

اسم المحطة	خط الطول(X)	دائرة العرض (Y)	الارتفاع / م
الحسا	401220.2413	414312.2501	865
جرف الدراويش	391463.4657	395929.6704	946
مشتل الأمير حسن (عابور)	375664.2526	410768.1815	1251
المزار	391521.7957	493688.6467	1259

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على وزارة المياه والري

- تقدير البيانات المطرية المفقودة .

لوحظ أن بعض البيانات المطرية في بعض المحطات مفقودة على مستوى الأيام باستثناء محطة المزار التي شهدت استمرارية في التسجيل أثناء الفترة المدروسة، ومحطة مشتل الأمير الحسن (عابور) التي توفرت لها بيانات منذ عام 1980، ولذلك اعتمدت بياناتها فقط منذ تلك الفترة، وقد يعود سبب النقص في البيانات إلى عدم صيانة تلك المحطات باستمرار، أو لإغلاق بعض المحطات لعدم تسجيلها معطيات مطرية لذلك، فإن الباحث قام باستكمال النقص في بيانات كل محطات القياس باتباع أسلوب التعديل والارتباط الخطي، والتي تهدف إلى تقدير قيم الأمطار المفقودة في بعض المحطات تبعاً للتسجيلات على مستوى محطات أخرى مجاوره، ولتطبيق هذه الطريقة لا بد من توفر ما يلي :

1. أن يكون معامل الارتباط قوي .
2. معطيات المحطتين تشكلان معادلة خطية على الشكل التالي :

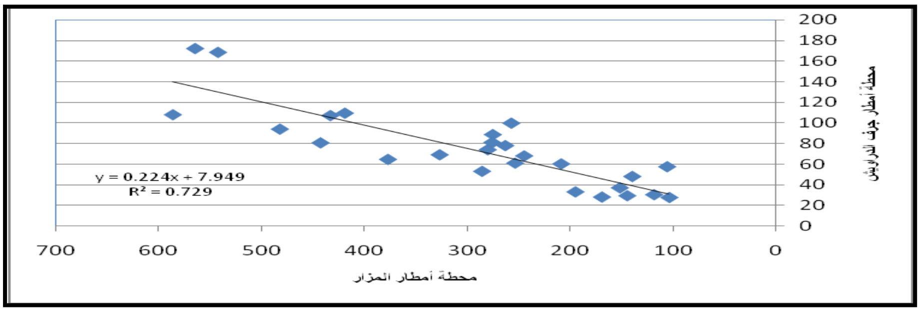
$Y = a x + b$، حيث :

X = القيمة الشهرية في المحطة الكاملة .

Y = القيمة الشهرية في المحطة الناقصة .

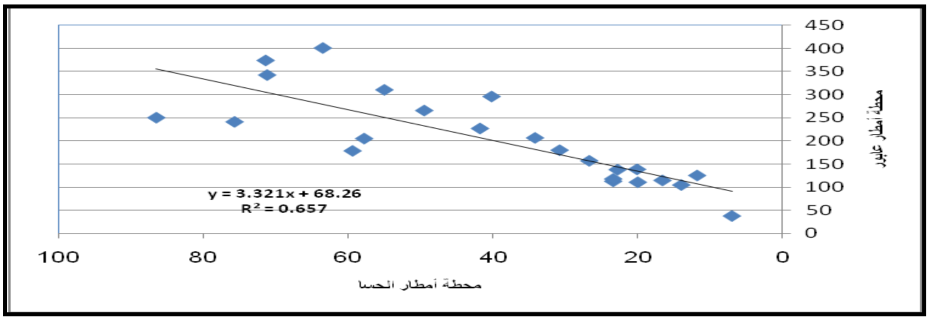
B , a = ثوابت .

وكانت النتائج ممثلة في الأشكال رقم (30 و 31 و 32) والجدول رقم (16).



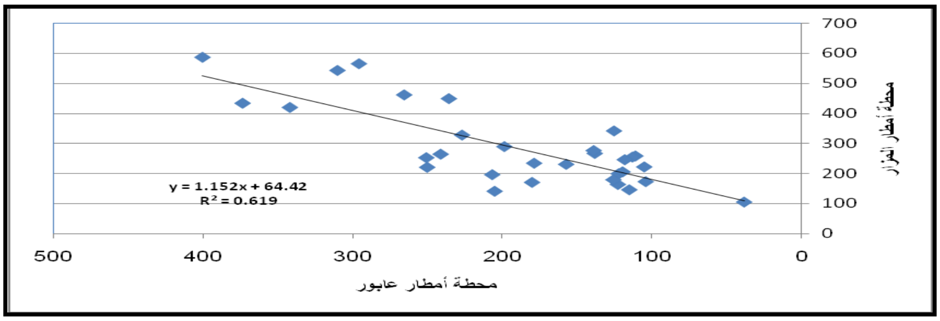
شكل (30)

العلاقة بين محطة أمطار المزار وجرف الدراويش



شكل (31)

العلاقة بين محطة أمطار الحسا ومحطة عابور



شكل (32)

العلاقة بين محطة أمطار المزار ومحطة أمطار عابور

جدول رقم (16)

معدل الأمطار في المحطات الموجودة في الحوض ومعدل الأمطار على كامل الحوض

السنوات	محطات الأمطار				معدل الأمطار
	المزار	عابور	الحسا	جرف الدراويش	على الحوض(ملم)
1980	419.8	341.9	131.2	109.5	194.70
1981	245.5	118	23.4	10.8	61.82
1982	263.9	241.1	75.7	7.8	104.14
1983	140.4	205	57.8	48	89.96
1984	195.7	206.6	34.2	13.8	76.50
1985	327.7	226.8	121.8	69.1	146.82
1986	169.9	180	60.8	28	83.54
1987	254.3	112.9	23.4	11.1	62.06
1988	543.2	310.1	54.3	168.6	194.36
1989	258	110.9	47.2	99.8	100.55
1990	276	138.8	20.1	88.7	93.67
1991	587	400.3	63.5	108	198.59
1992	565.5	295.7	40.2	134.6	177.87
1993	145.3	115	16.6	29.3	53.12
1994	433.9	373.5	71.4	307.2	177.94
1995	104.3	38.2	7.0	27.6	30.72
1996	233.8	178.6	59.4	60.3	101.00
1997	220.2	250.1	86.5	57.3	121.09
1998	230.1	157.2	26.7	59.5	84.28
1999	178.6	125.6	8.8	48.0	62.16
2000	221.5	105	14.0	57.6	68.74
2001	266.5	138.1	33.8	67.6	90.57
2002	461.6	265.5	19.5	111.3	144.88
2003	163	122.6	43.2	44.5	71.57
2004	449.1	235.6	77.2	108.5	158.94
2005	205.1	119.5	42.3	53.9	78.76
2006	252.3	250.7	81.8	64.5	125.58
2007	289.3	198.5	66.1	72.8	117.67
2008	198.8	122	43.0	52.5	78.25
2009	172.3	104	37.6	46.5	67.97
2010	341.5	125.2	44.0	84.4	106.54

المصدر: عمل الباحث اعتمادا على بيانات وزارة المياه والري

التوزيع المساحي للأمطار

يعتمد التوزيع المساحي للأمطار على التوزيع الجغرافي لمحطات القياس، وتُظهر كل محطة مطرية حدود تأثيرها ضمن مساحة معينة من مساحة الحوض الكلية، وبذلك يتم تقسيم الحوض إلى مساحات مضلعة تبعاً لطريقة ثيسن Theissen polygon لاحتساب كميات الأمطار الساقطة

على المساحات التي تمثلها المحطات المطرية، والني تشمل مجمل كميات الأمطار الساقطة على الحوض .

كميات الأمطار الساقطة على الحوض

بعد تقسيم الحوض إلى مساحات مضلعة تبعاً لطريقة ثيسن، شكل(33)يُمكن احتساب كميات الأمطار الساقطة على الحوض من خلال استخراج معدلات الأمطار الشهرية والسنوية للمحطات المطرية الممثلة للحوض .

وقد بلغ حجم الأمطار الساقطة على حوض وادي الحسا للفترة الواقعة ما بين السنة المائية 1981/1980 والسنة المائية 2011/2010 م حوالي (274.22 م م^3) وهذا الحجم يتغير من سنة لأخرى تبعاً للسنة المائية التي تبدأ من شهر تشرين أول وتنتهي في نهاية شهر أيار للسنة التالية .

ويلاحظ أنَّ هذه الكمية اختلفت عن كمية الأمطار التي وردت في دراسة قطيش، 2007، والتي وصلت إلى (199.2 م. م^3)، وعن الكمية التي وردت في نشرات وزارة المياه والري في دراسة الموازنة المائية للسنة المائية من عام 1937-2007، والتي بلغت (332.4 م.م^3)، وقد يعود السبب في اختلاف حجم الأمطار ما بين هذه الدراسة والدراسات الأخرى إلى الاختلاف في السنوات المطرية في تلك الدراسات، إضافة إلى اختلاف في المحطات المطرية المدروسة، وإقامة محطات مطرية جديدة وبالتالي يظهر الاختلاف في السجلات المطرية، ويوضح الجدول رقم (17) توزيع حجم الأمطار الكلي على المحطات المطرية .

جدول رقم (17)

حجم الأمطار الكلي على المحطات المطرية للفترة ما بين 1980-2010

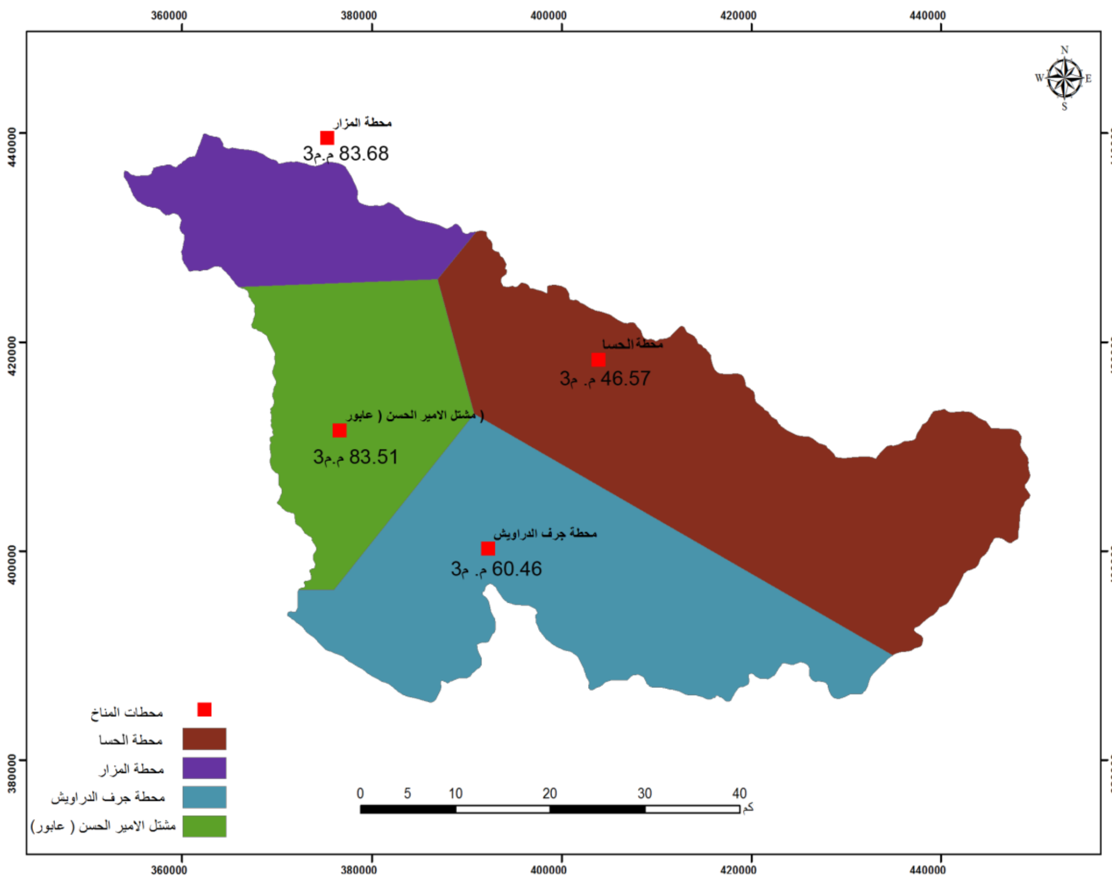
المحطة	معدل الأمطار /ملم	المساحة كم^2	المساحة %	حجم الأمطارم.م^3	نسبة حجم الأمطار%
الحسا / التبخر	49.44	941.9	37.57	46.57	16.98
جرف الدراويش	72.62	832.6	33.22	60.46	22.05
مشتل الأمير حسن (عابور)	190.74	437.8	17.47	83.51	30.45
المزار	284.33	294.31	11.74	83.68	30.52
المجموع		2506.6	100	274.22	%100

المصدر: عمل الباحث اعتمادا على بيانات وزارة المياه والري

ويلاحظ من الجدول أن حجم الأمطار التي تمثلها المحطات لا يتوافق مع معدل الأمطار الساقطة على كل محطة، فقد سجلت محطة المزار الواقعة شمال غرب الحوض أعلى معدل

للأمطار الذي وصل إلى (284.33 ملم/ السنة) في حين سجلت محطة الحسا أدنى معدل أمطار الذي بلغ (49.44 ملم/السنة) .

وقد يعود سبب الاختلاف في معدلات الأمطار الساقطة بين المحطات إلى الموقع الجغرافي، حيث تقع محطة المزار إلى الشمال الغربي من الحوض، إضافة إلى الارتفاع عن مستوى سطح البحر، حيث يلاحظ وقوع محطة المزار على ارتفاع (1259م) فوق مستوى سطح البحر، كما تقع محطة عابور على ارتفاع (1251 م) فوق مستوى سطح البحر والتي وصل معدل سقوط الأمطار فيها إلى (190.74 ملم / السنة) .



شكل رقم (33)
التوزيع المساحي للأمطار

التغيرات في توزيع هطول الأمطار

التوزيع الجغرافي

وبذلك فإن المناطق التي تتلقى معدل الأمطار تزيد عن (150/سنوياً) تشكل ما نسبته (29.21%) من مساحة الحوض في حين المناطق التي تتلقى أقل من (150 ملم/سنوياً) تشكل ما نسبته من مساحة الحوض (70.79%)، وبالتالي فإن معظم مساحة الحوض تعاني من عجز

مائي، شكل(34) خطوط تساوي الأمطار، وهنا يأتي دور استثمار المياه السطحية لتزويد الأنشطة البشرية في الحوض.

التوزيع الزماني لهطول الأمطار

التوزيع السنوي

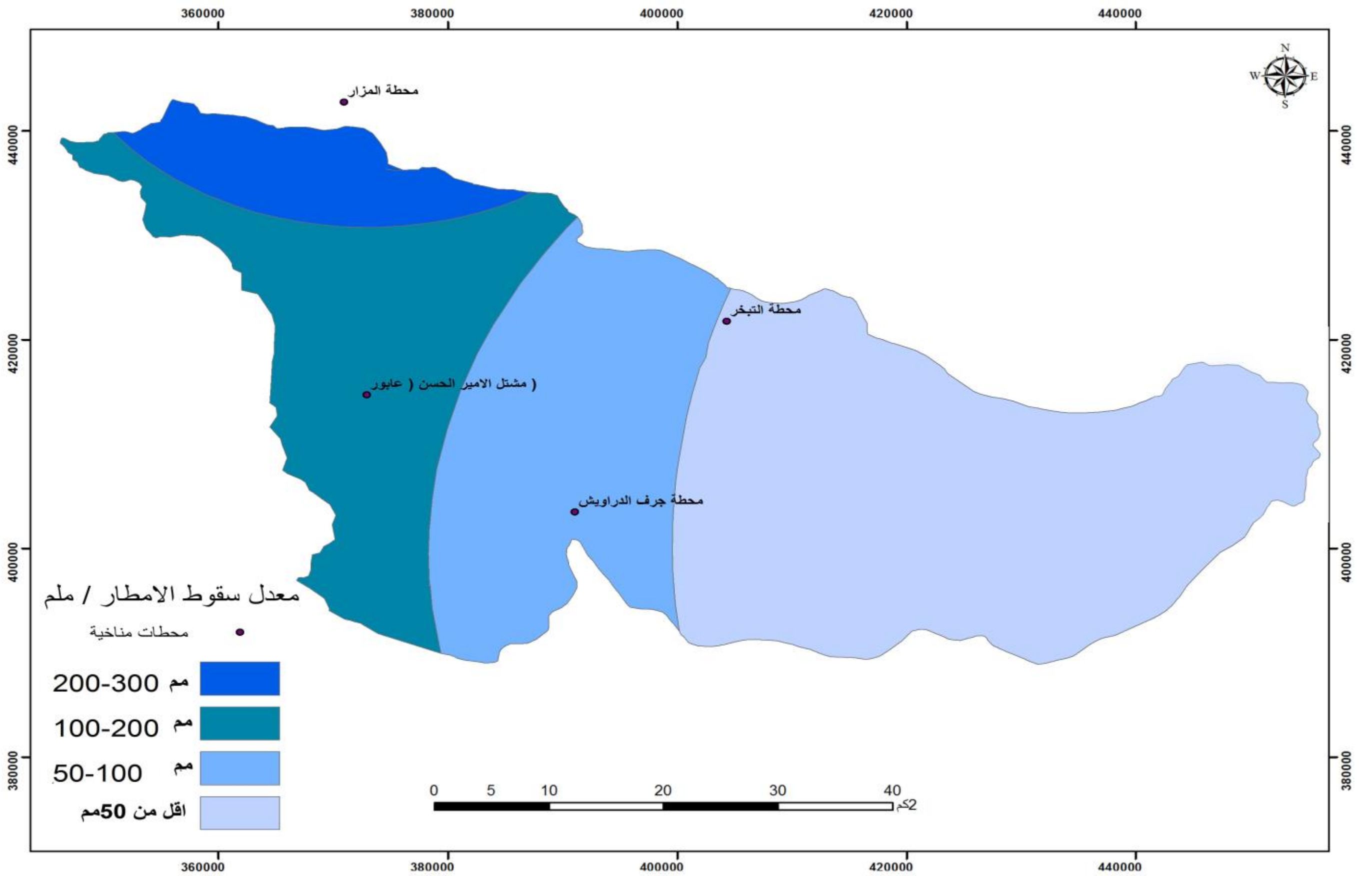
قد اتضح من خلال تحليل التغيرات السنوية في معدلات سقوط الأمطار أنه يوجد تباين فيها من محطة مطرية لأخرى، و يوجد اختلاف في المعدل من سنة لأخرى في نفس المحطة، وبالتالي نلاحظ عدم توافق في السنوات المطيرة في المحطات ما عدا محطتي المزار ومشتل الأمير حسن (عابور) التي بلغ أعلى معدل لسقوط الأمطار فيهما خلال السنة المائية (1992/1991 م)، في حين تبين أن ثلاث محطات قد توافقت في السنوات الجافة، فقد سجلت محطات المزار ومشتل الأمير حسن (عابور) والحسا أدنى كميات لسقوط الأمطار فيها خلال السنة المائية (1996/1995)، والذي يوضحه الجدول رقم (18)

جدول رقم (18)

السنوات المطيرة والسنوات الجافة في حوض وادي الحسا

المحطات	المعدل السنوي	أعلى كمية أمطار				أدنى كمية أمطار			
		كمية أمطار السنوات الرطبة (ملم)	السنوات المطيرة	الفرق بين كمية أمطار السنوات الرطبة والمعدل السنوي	النسبة %	معدل السنوات الجافة	كمية أمطار السنوات الجافة (ملم)	الفرق بين كمية أمطار السنوات الجافة والمعدل السنوي	النسبة %
الحسا / التبخر	49.44	131.2	1980/1981	81.76	165.37	7	1995/1996	42.44	85.84
جرف الدراويش	72.62	307.2	1994/1995	234.58	323.02	7.8	1982/1983	64.82	89.26
مشتل الامير حسن (عابور)	190.74	400.3	1991/1992	209.56	109.87	38.2	1995/1996	152.54	79.97
المزار	284.33	587	1991/1992	302.67	106.45	104.3	1995/1996	180.03	63.32

المصدر: عمل الباحث



شكل(34)
خطوط تساوي الأمطار

يتضح من التحليل للتغيرات السنوية في الأمطار أنها تتميز بالتذبذب، فالسنوات الجافة وتكرارها تساهم في جفاف التربة وتشققها، وكلما زاد تكرار السنوات الجافة زاد ضعف تماسك حبيبات التربة وزيادة في نسبة تشققاتها، وبالتالي تزداد قابليتها للانجراف .

التغيرات في التوزيع الشهري للأمطار

تتباين معدلات سقوط الأمطار على الحوض من شهر لأخر في السنة المائية، والتي تبدأ من شهر تشرين أول وتنتهي في نهاية شهر أيار، جداول (19 و 20 و 21 و 22) إضافة إلى اختلاف معدل سقوط الأمطار في نفس الشهر من سنة لأخرى، ويمثل شهر كانون ثاني أعلى معدل سقوط أمطار في محطات مشتل الأمير حسن (عابور) والحسا وجرف الدراويش، بينما سجلت محطة المزار أعلى معدل أمطار في شهر شباط، في حين كان أدنى معدل سقوط أمطار في جميع المحطات في شهر أيار .

جدول رقم (19)

الأمطار الشهرية في محطة الحسا للفترة 1980- 2010/ملم/السنة

السنة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول
1980/1981	0	0	41	0	0	1.2	6	83
1981/1982	0	0	0	0	0	0	23.4	0
1982/1983	14.4	16.1	13.2	0	0	0	25.6	6.4
1983/1984	23.8	14	18.4	0	0	0	0	1.6
1984/1985	18.9	0	12.2	0	0	0.7	2.2	0.2
1985/1986	0.2	10.7	21.5	5.6	9.2	0	1	73.6
1986/1987	0.8	4.9	0	17.3	0.7	0	34.1	3
1987/1988	9	5.7	8.7	0	0	0	0	0
1988/1989	11.3	8.4	15.7	4.8	0	3.6	1.3	9.2
1989/1990	10.1	14.1	13.5	2.3	0	0	0.8	6.4
1990/1991	0	0	0	0	0	19.9	0	0.2
1991/1992	17.7	7.8	20	0	0	6.2	1.9	9.9
1992/1993	10.7	10	3.5	0	0	0	2.3	13.7
1993/1994	4	0.6	7.6	0	0	0	0.5	3.9
1994/1995	18.1	14.7	0.2	0	0	8.1	19.1	11.2
1995/1996	0	3.3	0	0	0	0.5	0	3.2
1996/1997	9.7	0	13.7	0	0	0	36	0
1997/1998	52.4	4.4	9.2	0	0	10	10.5	0
1998/1999	14.7	9	3	0	0	0	0	0
1999/2000	5	1.8	0	0	0	0	0	2
2000/2001	2	0	10	0	0	0	0	2
2001/2002	13	11.6	0	3.2	1.5	0	4	0.5
2002/2003	11.5	3	0	5	0	0	0	0
2003/2004	*	*	*	*	*	*	*	*
2004/2005	*	*	*	*	*	*	*	*
2005/2006	*	*	*	*	*	*	*	*
2006/2007	*	*	*	*	*	*	*	*
2007/2008	*	*	*	*	*	*	*	*
2008/2009	*	*	*	*	*	*	*	*
2009/2010	*	*	*	*	*	*	*	*
2010/2011	*	*	*	*	*	*	*	*
المعدل	10.75	6.09	9.19	1.66	0.50	2.18	7.33	10.00

المصدر: وزارة المياه والري، 2013

جدول رقم (20)

الأمطار الشهرية في محطة جرف الدراويش للفترة 1980- 2010/ملم/السنة

السنة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول
1980/1981	10.7	14.3	26.6	0	0	0	3.7	54.2
1981/1982	1.8	3.6	0.7	0	0	0	4.2	2.3
1982/1983	0	0	0	0	0	0	6.2	1.6
1983/1984	27.6	4.8	15.6	0	0	0	0	0
1984/1985	0	0	0	0	0	7.5	6.3	0
1985/1986	0	0	21.5	3.5	0	0	5.5	38.6
1986/1987	0	6.8	0	14.8	0	0	3.4	3
1987/1988	0	1	7.9	0	0	1.6	0	0.6
1988/1989	23.2	25	54.5	2	0	1.2	0	62.7
1989/1990	22.3	35	35.5	0	0	0	3.6	3.4
1990/1991	9.2	9.1	22.4	48	0	0	0	0
1991/1992	75	0	33	0	0	0	0	0
1992/1993	28.7	11.2	14.5	9	0	11.2	28.6	31.4
1993/1994	0	0	0	0	0	0	3.4	25.9
1994/1995	84.5	59	25	4	0	21	76.5	37.2
1995/1996	0	25.6	0	2	0	0	0	0
1996/1997	9.3	6.4	11.2	0	0	0	13.4	20
1997/1998	15.9	10	17.8	7.4	0	0	0	6.2
1998/1999	*	*	*	*	*	*	*	*
1999/2000	*	*	*	*	*	*	*	*
2000/2001	*	*	*	*	*	*	*	*
2001/2002	*	*	*	*	*	*	*	*
2002/2003	*	*	*	*	*	*	*	*
2003/2004	*	*	*	*	*	*	*	*
2004/2005	*	*	*	*	*	*	*	*
2005/2006	*	*	*	*	*	*	*	*
2006/2007	*	*	*	*	*	*	*	*
2007/2008	*	*	*	*	*	*	*	*
2008/2009	*	*	*	*	*	*	*	*
2009/2010	*	*	*	*	*	*	*	*
2010/2011	*	*	*	*	*	*	*	*
المعدل	17.12	11.77	15.90	5.04	0.00	2.36	8.60	15.95

المصدر: وزارة المياه والري، 2013

جدول رقم (21)

الأمطار الشهرية في محطة مشتل الأمير حسن (عابور) للفترة 1980- 2010/ملم/السنة

السنة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول
1980/1981	33.5	82.9	45.2	11.5	0	6.4	0	162.4
1981/1982	15.8	47.7	35.6	8.4	0	0	10.9	0
1982/1983	53	55.8	51.7	1.5	10.2	0	29.2	39.7
1983/1984	96.6	32.4	72.8	2.2	0	0	0	1.8
1984/1985	37.5	13.6	105.2	4	0	22.4	0.9	23
1985/1986	4.6	49.6	36	32.1	0	3.5	4.3	96.7
1986/1987	26.8	49.2	0	23.9	2.7	0	23.1	54.9
1987/1988	21.9	18.8	44.3	0	0	0	0	27.9
1988/1989	50.6	63.2	127.6	2	0	1	0	65.7
1989/1990	30.6	38	36.8	0	0	4	0	1.5
1990/1991	32	16.8	27.6	62.4	0	0	0	0
1991/1992	109	21.2	178.4	0	0	4.4	8.7	78.6
1992/1993	88.8	101.1	13.3	0	0	0	25	67.5
1993/1994	10.7	72.4	3.4	0	0	0	3.7	24.8
1994/1995	103.9	66.8	27.8	5	0	28.3	91.3	50.4
1995/1996	0	28.9	0	2.9	0	0	3.5	2.9
1996/1997	45.4	10.7	112.3	2	0	0	0.9	7.3
1997/1998	101.1	54.3	38.7	8.2	0	8.8	4.3	34.7
1998/1999	77	36.6	35.2	5.6	0	0	0	2.8
1999/2000	29	62	15.1	5	0	1.5	0	13
2000/2001	35	2	25	0	0	9	0	34
2001/2002	43.2	24	0	1.4	24	0	30	15.5
2002/2003	79.5	40.8	40	20	0	13.7	3.9	67.6
2003/2004	28.4	31	36.2	10	0	0	0	17
2004/2005	111.7	25.5	14	0	0	3	64	17.4
2005/2006	66.9	20.6	12	6.5	0	0	4.5	9
2006/2007	9.5	74.2	0	79	0	0	3	65
2007/2008	80.5	67	39	0	0	0	0	12
2008/2009	79	28.5	0	0	0	14.5	0	0
2009/2010	0	45	35	0	0	0	0	24
2010/2011	36	71	10.7	0	0	0	0	7.5
المعدل	49.60	43.60	39.32	9.47	1.19	3.89	10.04	33.05

المصدر: وزارة المياه والري، 2013

جدول رقم (22)

الأمطار الشهرية في محطة المزار للفترة 1980- 2010/ملم/السنة

السنة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول
1980/1981	72	94	11	9.3	0	2.5	0	231
1981/1982	13	113.7	84.1	19	0	0	15.7	0
1982/1983	46	55.6	32.3	0	17.8	0	46	66.2
1983/1984	19.8	106.2	11	0	0	0.6	2.8	0
1984/1985	22	19	108.5	0	0	0	3.2	43
1985/1986	2.5	166	43.2	52	0	0	0	64
1986/1987	38.8	33.2	4.5	27	4.2	0	32.2	30
1987/1988	13	31	106.5	0	0	0	0	103.8
1988/1989	130	147.5	131.2	0	0	0	2	132.5
1989/1990	60.5	125	55	0	0	0	0	17.5
1990/1991	91	52.5	36	94	0	0	2.5	0
1991/1992	142	56.5	267	0	0	0	0	121.5
1992/1993	158.5	174	44	0	0	0	59	130
1993/1994	35	56	20.3	0	0	0	9	25
1994/1995	124	56	30	0	0	26	109.9	88
1995/1996	0	82.9	1	4.1	0	0	5.5	10.8
1996/1997	88.2	22.7	95.4	0	0	0	8.1	19.4
1997/1998	96	50.5	0	0	0	15	4.5	54.2
1998/1999	96.1	72.5	61.5	0	0	0	0	0
1999/2000	32.3	86.4	22	20	0	13	4.5	0.4
2000/2001	71	12.4	36.2	0	0	19.9	0	82
2001/2002	89	72.1	11	18	22	0	27.5	26.9
2002/2003	132	59.5	55.8	27.4	0.6	8.9	15	162.4
2003/2004	39.5	11	62.3	14	0	0	0	36.2
2004/2005	144.5	55	10	1.5	0	26	124.7	87.5
2005/2006	99	55	20.7	0	0	0.1	17.3	13
2006/2007	32.5	87.5	1	77.3	0	6	0	48
2007/2008	104.1	90	78	7	3	0	0.2	7
2008/2009	71.8	112	0	0	0	15	0	0
2009/2010	0	85	50.9	0	0	1.4	10.5	24.5
2010/2011	85.5	231	12	0	0	0	0	13
المعدل	69.34	79.73	48.46	11.95	1.54	4.34	16.13	52.83

المصدر: وزارة المياه والري، 2013

ويبين الانحراف المعياري ومعامل التغير للمحطات المطرية بأنه لا يوجد تجانس وانتظام في سقوط الأمطار خلال شهور السنة المطيرة، وذلك لارتفاع قيم معامل الاختلاف . ويعد شهر شباط أكثر تجانساً وانتظاماً لسقوط الأمطار مقارنة مع باقي الشهور الجدول رقم (23).

جدول رقم (23)

الانحراف المعياري ومعامل التغير % للأمطار الشهرية للمحطات المطرية في حوض الحسا

المحطة	الحسا		مشتل الأمير حسن (عابور)		المزار		جرف الدراويش	
الشهر	الانحراف المعياري(ملم)	معامل التغير%	الانحراف المعياري(ملم)	معامل التغير%	الانحراف المعياري(ملم)	معامل التغير%	الانحراف المعياري(ملم)	معامل التغير%
كانون ثاني	11.56	1.08	34.36	0.69	46.89	0.68	26.09	2.62
شباط	5.54	0.91	23.89	0.55	50.18	0.63	16.39	2.4
آذار	10.04	1.09	41.3	1.05	54.09	1.12	16.84	1.82
نيسان	3.77	2.27	18.16	1.92	23.09	1.93	11.67	3.99
أيار	1.92	3.87	4.63	3.89	5.02	3.27	0	0
تشرين أول	4.79	2.19	7.05	1.81	7.98	1.84	5.65	4.12
تشرين ثاني	11.61	1.58	20.43	2.04	30.59	1.90	18.67	3.74
كانون أول	21.98	2.20	36.07	1.09	46.89	0.68	21.81	2.35

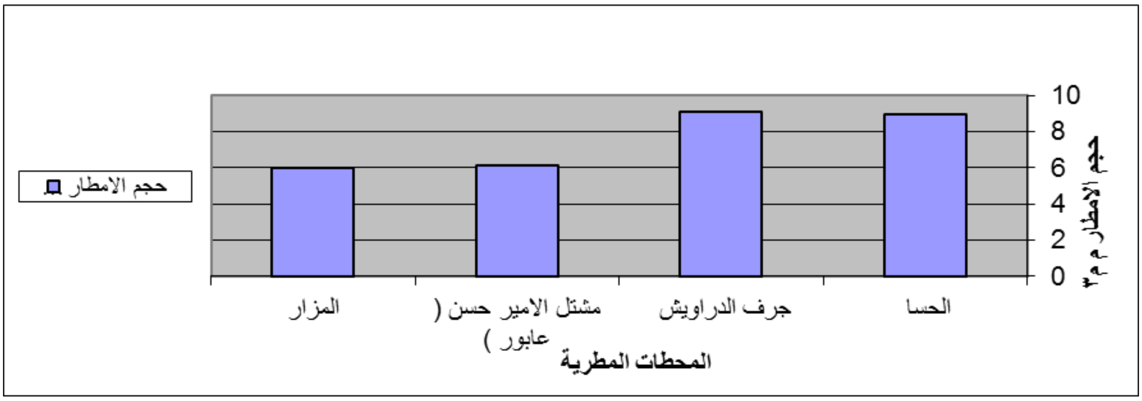
بشكل عام تسقط الأمطار في الأردن في فصل الشتاء وفصل الخريف وفصل الربيع مع وجود تركز معظم الأمطار في فصل الشتاء، ويلاحظ أن توزيع الأمطار في تلك الفصول يتغير في المحطة الواحدة، إضافة لذلك فإنه غير مستقر من سنة لأخرى ومن محطة لأخرى، وقد تم إجراء القياسات لمعدلات الأمطار وحجومها في المحطات الممثلة لحوض وادي الحسا للفصول المطيرة، يوضح ذلك الجدول رقم (24)

جدول رقم (24)

الأمطار الفصلية

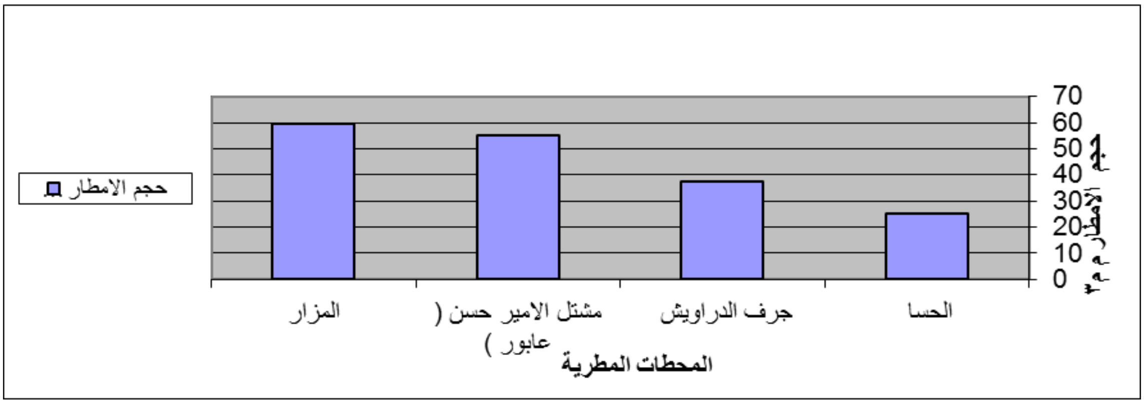
المحطات	أمطار الخريف(ملم)	حجم الأمطار م م^3	أمطار الشتاء(ملم)	حجم الأمطار م م^3	أمطار الربيع(ملم)	حجم الأمطار م م^3
الحسا	9.52	8.97	26.84	25.28	11.35	10.69
جرف الدراويش	10.96	9.13	44.84	37.33	20.94	17.43
مشتل الأمير حسن (عابور)	13.93	6.1	126.24	55.27	49.98	21.88
المزار	20.47	6.02	201.91	59.42	61.95	18.23
المجموع	54.88	30.22	399.83	177.3	144.22	68.23

وتمثّل الأشكال (35 و 36 و 37) حجم الأمطار الفصلية الساقطة على حوض الحسا .



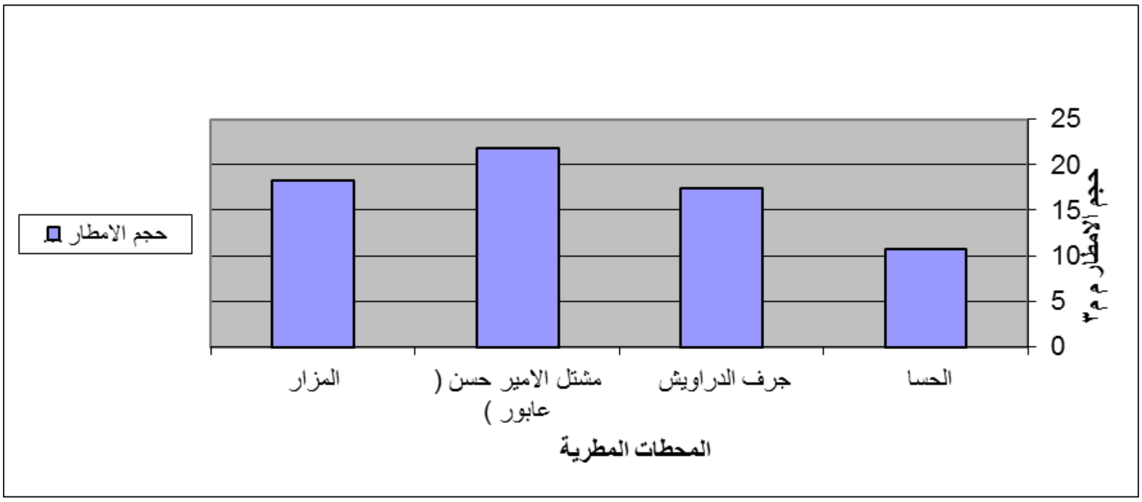
شكل (35)

حجم الأمطار في فصل الخريف في وادي الحسا للفترة(1980-2010)



شكل (36)

حجم الأمطار في فصل الشتاء في وادي الحسا للفترة(1980-2010)



شكل (37)

حجم الأمطار في فصل الربيع في وادي الحسا للفترة(1980-2010)

ديمومة وشدة الأمطار وتكرارها .

عند التخطيط للمشاريع التنموية وخاصة من الناحية المدنية والعمرانية من شبكات التصريف المائي وإنشاء الجسور والسدود والطرق لا بد من الأخذ بعين الاعتبار معرفة كميات الأمطار وشدتها وديمومتها وتكرارها لحساب سعة هذه المنشآت لدرء المخاطر السلبية وحدوث الفيضانات، ومن ناحية أخرى فإنَّ لشدة الأمطار وديمومتها تأثيراً على التربة، لما له من دور في حدوث انجراف التربة مخلفاً تربة ضحلة، مما يؤدي إلى ظهور أسطح جرداء .

إضافة لذلك فإنّ لشدة الأمطار تأثيراً سلبياً على تسرب المياه إلى الطبقات الحاملة للمياه الجوفية، فشدة الأمطار تقلّل من كمية المياه المتسربة إلى تلك الطبقات، كما أنَّ شدة المطر تزيد من احتمالية حدوث الفيضانات ووصولها في نهاية الأمر إلى البحار والأنهار دون استثمار، ولذلك لا بد من دراسة العواصف المطرية في حوض الحسا لأخذ الاحتياطات، وتوفير المعلومات اللازمة للقائمين على إنشاء المشاريع التنموية .

ومن أهم النظريات التي تبحث في شدة الأمطار وتكرارها نظرية (جامبل) (Gumble) وهذه النظرية تربط بين الديمومة والشدة والتكرار.

وتعني شدة المطر كمية الأمطار الساقطة في وحدة من الزمن، فعلى سبيل المثال سقط على منطقة معينة (50 ملم/ساعة) وهذا يعني شدة الأمطار الساقطة وليس كمية الأمطار، بينما الديمومة فهي استمرار تساقط الأمطار بنفس الشدة، فمثلاً كانت شدة الأمطار (50ملم / الساعة) واستمرت لفترة (20 دقيقة)، في حين أن تكرار المطر هي تكرار شدة الأمطار وديمومتها في وحدة من الزمن، فمثلاً بلغت شدة الأمطار (50 ملم/الساعة) والتي استمرت لمدة (20 دقيقة) فتتكرر كل سنتين مرة (كراجغلي،2013).

واختار (جامبل) (Gumble) في نظريته أعلى شدة مطر للفترات (5، 10، 20، 30) دقيقة وساعة، وساعتين وست ساعات ويوم، ولاحتمالية تكرارها فقد اختار (جامبل) (Gumble) (2، 5، 10، 25، 50، 100) سنة .

وتبعاً لسنوات التكرار، فقد تم حساب فترات الرجوع لمحطات الحسا/ الفوسفات، والحسا/ التنور، وعابور ومحطتي المزار والطفيلة اللتان تقعان خارج حدود الحوض، وذلك لأهميتها في فترات الرجوع في الحوض الجداول رقم (25 و26و27و28و29) وأشكال (38 و 39 و 40 و 41 و 42) .

جدول رقم (25)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الحسا/ الفوسفات ملم / الساعة

فترات الرجوع / السنة	5 دقيقة	10 دقيقة	20 دقيقة	30 دقيقة	ساعة	ساعتين	ثلاث ساعات	ست ساعات	يوم
2	21.3	16.3	12.4	9.2	5.3	3.2	2.4	1.5	0.5
5		30.5	20.7	15.7	8.8	5.2	4.0	2.5	1.0
10	57.4	39.9	26.2	20.1	11.1	6.5	5.0	3.2	1.3
25	75.5	51.8	33.1	25.6	14.1	8.2	6.3	4.0	1.7
50	85.0	60.6	38.3	29.7	16.2	9.4	7.3	4.6	2.0
100		69.3	43.4	33.7	18.4	10.6	8.2	5.2	2.3

المصدر: كراجغلي، 2013

جدول رقم (26)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الحسا/ التنور ملم / الساعة

فترات الرجوع / السنة	5 دقيقة	10 دقيقة	20 دقيقة	30 دقيقة	ساعة	ساعتين	ثلاث ساعات	ست ساعات	يوم
2	28.0	18.0	11.8	9.2	5.5	3.3	2.5	1.5	0.5
5	70.0	40.0	24.1	17.3	9.7	5.6	4.2	2.4	0.9
10	98.0	56.0	32.2	22.7	12.5	7.1	5.3	3.1	1.1
25	130.0	75.0	42.4	29.4	16.0	9.0	6.8	3.9	1.4
50	158.0	90.0	50.0	34.5	18.6	10.5	7.8	4.5	1.6
10 0	190.0	106.0	57.6	39.4	21.2	11.9	8.9	5.1	1.8

المصدر: كراجغلي، 2013

جدول رقم (27)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة عابور ملم / الساعة

فترات الرجوع / السنة	5 دقيقة	10 دقيقة	20 دقيقة	30 دقيقة	ساعة	ساعتين	ثلاث ساعات	ست ساعات	يوم
2	28.0	17.0	10.7	8.3	5.6	4.0	3.3	2.4	0.9
5	42.0	28.0	16.9	12.8	8.0	5.5	4.7	3.6	1.4
10	52.0	33.0	21.0	15.8	9.7	6.5	5.7	4.4	1.8
25	70.0	42.0	26.1	19.6	11.7	7.8	6.9	5.4	2.3
50	80.2	50.0	29.9	22.3	13.2	8.7	7.7	6.1	2.6
100	96.0	58.0	33.7	25.1	14.7	9.6	8.6	6.9	3.0

المصدر: كراجغلي، 2013

جدول رقم (28)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة المزار ملم / الساعة

فترات الرجوع / السنة	5 دقيقة	10 دقيقة	20 دقيقة	30 دقيقة	ساعة	ساعتين	ثلاث ساعات	ست ساعات	يوم
2	28.0	20.0	14.7	12.2	7.5	5.4	4.5	3.2	1.2
5	55.0	38.0	25.0	19.2	11.4	8.2	7.0	5.3	2.0
10	73.0	49.0	31.8	23.9	14.0	10.1	8.7	6.7	2.6
25	100.0	62.0	40.4	29.8	17.3	12.4	10.8	8.5	3.3
50	128.0	77.0	46.8	34.2	19.7	14.2	12.4	9.9	3.8
100	153.0	89.0	53.1	38.5	22.1	15.9	13.9	11.2	4.3

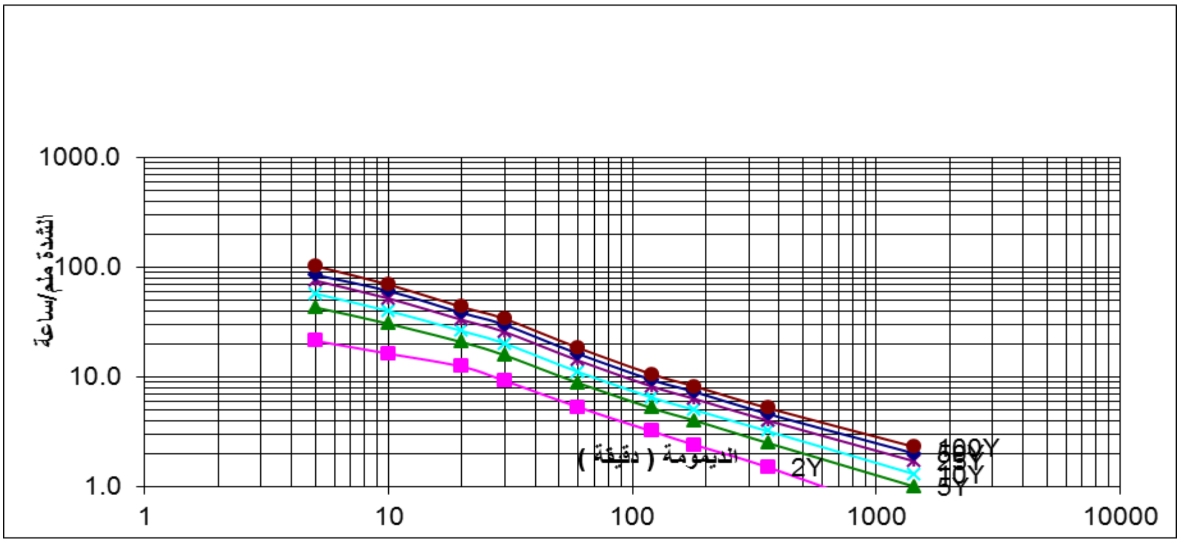
المصدر: كراجغلي، 2013

جدول رقم (29)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الطفيلة ملم / الساعة

فترات الرجوع السنة /	5 دقيقة	10 دقيقة	20 دقيقة	30 دقيقة	ساعة	ساعتين	ثلاث ساعات	ست ساعات	يوم
2	29.9	22.0	16.1	13.5	8.7	6.3	5.3	3.7	1.6
5	44.0	33.0	22.6	18.4	11.8	8.8	7.7	5.7	2.8
10	54.0	37.0	27.0	21.7	13.9	10.5	9.2	7.0	3.5
25	65.0	46.0	32.4	25.8	16.5	12.5	11.2	8.7	4.5
50	75.0	53.0	36.5	28.9	18.4	14.1	12.6	10.0	5.2
100	97	62	40.5	31.9	20.4	15.6	14.1	11.2	5.9

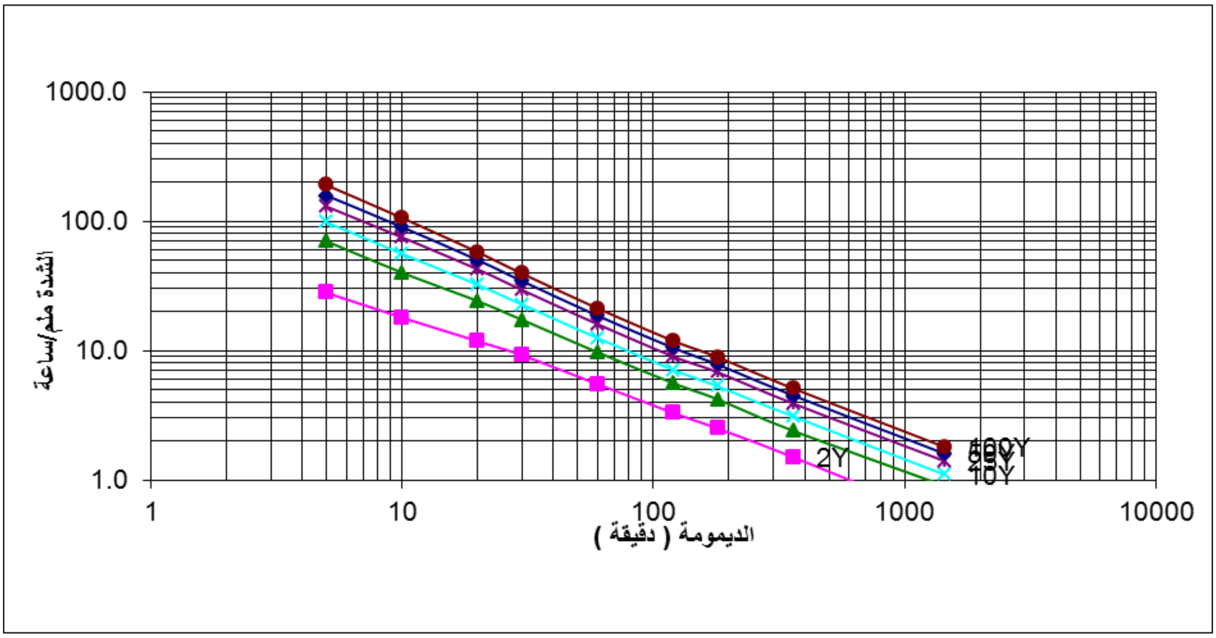
المصدر: كراجغلي، 2013



شكل (38)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الحسا / الفوسفات

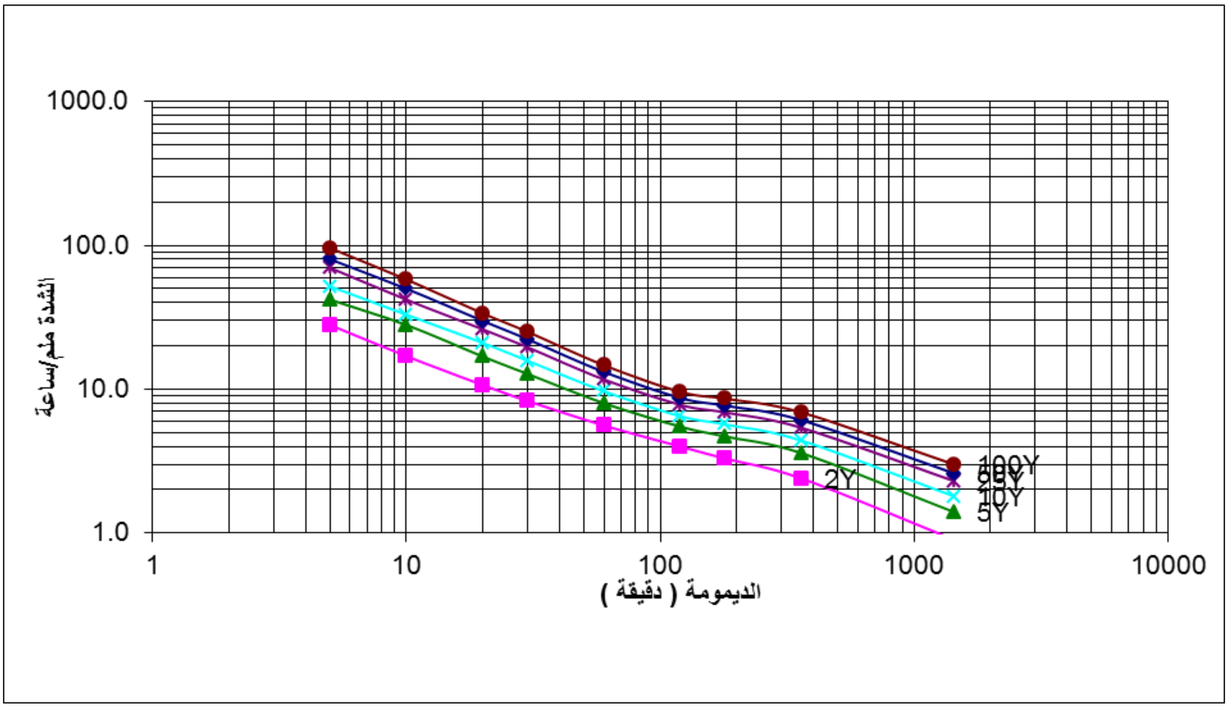
المصدر: كراجغلي، 2013



شكل (39)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الحسا / التنور

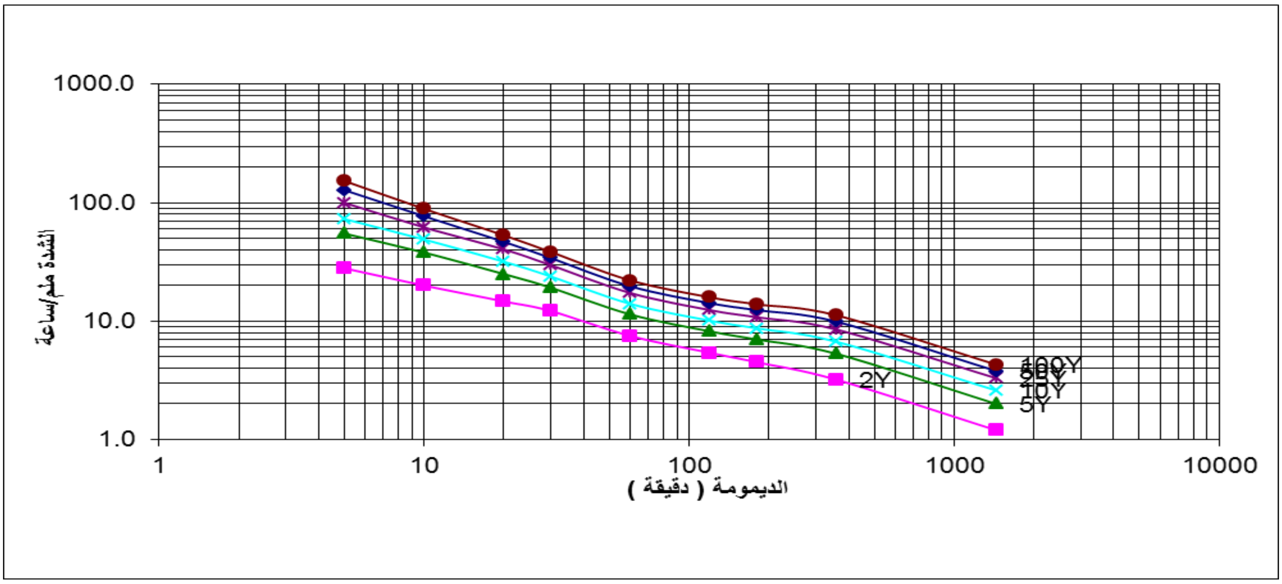
المصدر: كراجغلي، 2013



شكل (40)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة عابور

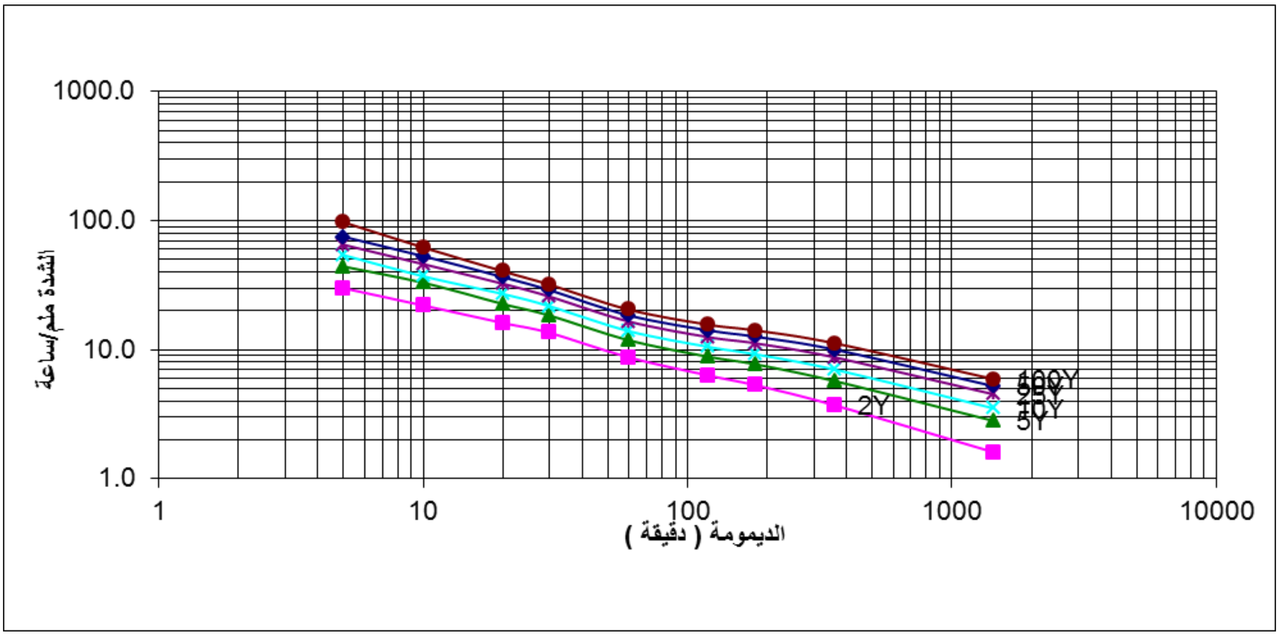
المصدر: كراجغلي، 2013



شكل (41)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة المزار

المصدر: كراجغلي، 2013



شكل (42)

شدة المطر وديمومته وفترات الرجوع في محطة الطفيلة

المصدر: كراجغلي، 2013

ومن خلال النتائج كانت شدة المطر في محطة الحسا/ التنور في عشر دقائق وفترة الرجوع سنتان وكانت كمية الأمطار (18 ملم/الساعة)، في حين بلغت كمية الأمطار خلال الفترة الزمنية يوم لنفس فترة الرجوع (0.5 ملم/الساعة)، حيث إنَّ كمية الأمطار المتوقع تكرارها في سنتين خلال عشر دقائق (3 ملم)، وخلال يوم لنفس فترة الرجوع (12ملم).

2.1.4 مصادر الجريان السطحي

الجريان السطحي هو أحد العوامل الرئيسة التي تؤثر في نتائج الموازنة المائية، ويقصد بالجريان السطحي ما يجري على سطح الأرض من كميات مياه الأنهار والأودية والسيول الناجمة عن سقوط الأمطار . ومن الممكن تخزين هذه المياه خلف السدود المنشأة على الأودية والأنهار، وبالتالي استثمارها والمحافظة عليها وتنظيم جريانها، ولا سيما في فترات الفيضانات.

وتتأثر كمية الجريان السطحي بكمية الأمطار أثناء وعقب سقوطها بفترات وجيزة، وعندما تتشبع الطبقة العليا من التربة بالمياه، وتبدأ بعد ذلك تخرج على شكل نزازات من بطون وجوانب الأودية، إضافة لذلك يتأثّر الجريان السطحي بشكل غير مباشر بالينابيع المنتشرة في حوض الوادي، ويزداد تصريفها جرّاء تسريب الطبقات السطحية المنكشفة للمياه إلى الطبقات التي تدنوه.

ويلاحظ أن مياه الجريان السطحي في معظم أودية الأنهار في الأردن تتعرض للضياع دون استثمارها، ومن هذه الأودية، وادي الحسا، حيث إنَّ مياهه تنتهي في البحر الميت.

ولذلك لا بد من إنشاء المشاريع المائية التي مثل: السدود المائية، إضافة إلى رفد الطبقات الحاملة للمياه الجوفية والتي تعدّ مصدراً هامّا بالنسبة للأردن .

الجريان السطحي

يتوفر في الحوض محطتين لقياس الفيضان، قد تم الاعتماد عليهما في معرفة النظام الهيدرولوجي للحوض وهما محطة الحسا / التنور .

تمثل ما مساحته (2279.76 كم^2) من مساحة الحوض، ومحطة الحسا / غور الصافي وتشكل من مساحة الحوض (226.85 كم^2) .

وتبين من تحليل البيانات المتعلقة بالمعدل السنوي للجريان السطحي في الحوض التذبذب الواضح في قيم الجريان، فبلغ متوسط الجريان عند محطة الحسا / التنور (0.173 م^3/الثانية) و (1.13 م^3/ الثانية) عن محطة الحسا / غور الصافي، فقُدِّرت السنوات الرطبة التي تزيد عن المتوسط السنوي من (9-10) سنوات في المحطتين، وقد بلغت أعلى كمية جريان سطحي عند

محطة الحسا / التنور (0.96 م^3/الثانية) في السنة المائية 1986/1985 م، و (2.22 م^3/ الثانية) في السنة المائية 2007/2006م، عند محطة الحسا / غور الصافي، في حين بلغت أدنى كمية جريان سطحي عند محطة الحسا/التنور في السنة المائية 1990/1989 م (0.008م^3/الثانية)، و (0.33 م^3/ الثانية، في السنة المائية 1993/1992 م عند محطة الحسا/ غور الصافي جدول(30)

جدول رقم (30)

المعدل السنوي للجريان السطحي والمعامل الهيدرولوجي للفترة (1980-2010م)

السنة	متوسط الجريان السطحي الحسا / التنور م^3/ الثانية	متوسط الجريان السطحي الحسا /غور الصافي م^3/ الثانية	الجريان السطحي النوعي لوادي التنور لتر / الثانية كم^2	الجريان السطحي النوعي لوادي اغور صافي لتر / الثانية كم^2	المعامل الهيدرولوجي/ التنور	المعامل الهيدرولوجي/ غور الصافي
1980/1981	0.109	1.373	0.048	6.054	0.627	1.356
1981/1982	0.334	1.208	0.147	5.327	1.932	1.193
1982/1983	0.213	1.046	0.093	4.610	1.231	1.032
1983/1984	0.081	0.902	0.036	3.977	0.469	0.891
1984/1985	0.203	0.809	0.089	3.568	1.171	0.799
1985/1986	0.956	0.828	0.419	3.649	5.527	0.817
1986/1987	0.121	0.852	0.053	3.754	0.700	0.841
1987/1988	0.767	0.857	0.336	3.778	4.432	0.846
1988/1989	0.076	0.820	0.034	3.615	0.442	0.810
1989/1990	0.008	0.859	0.004	3.787	0.046	0.848
1990/1991	0.335	0.826	0.147	3.643	1.938	0.816
1991/1992	0.043	0.336	0.019	1.483	0.248	0.332
1992/1993	0.104	0.326	0.045	1.437	0.599	0.322
1993/1994	0.042	0.826	0.019	3.642	0.244	0.816
1994/1995	0.077	1.156	0.034	5.097	0.444	1.141
1995/1996	0.040	0.878	0.018	3.869	0.232	0.866
1996/1997	0.360	0.905	0.158	3.987	2.078	0.893
1997/1998	0.080	2.074	0.035	9.145	0.463	2.048
1998/1999	0.026	1.922	0.012	8.474	0.153	1.898
1999/2000	0.058	0.889	0.026	3.917	0.336	0.877
2000/2001	0.494	1.000	0.217	4.407	2.857	0.987
2001/2002	0.172	1.302	0.076	5.742	0.996	1.286
2002/2003	0.028	0.708	0.012	3.123	0.163	0.699
2003/2004	0.072	0.670	0.032	2.953	0.416	0.661
2004/2005	0.037	0.796	0.016	3.508	0.212	0.786
2005/2006	0.245	0.838	0.108	3.692	1.418	0.827
2006/2007	0.053	2.222	0.023	9.797	0.309	2.194
2007/2008	0.031	0.798	0.014	3.519	0.182	0.788
2008/2009	0.135	1.210	0.059	5.335	0.780	1.195
2009/2010	0.051	0.804	0.022	3.544	0.295	0.794
2010/2011	0.024	1.354	0.010	5.969	0.138	1.337
المجموع	5.377	31.396	2.358	138.401	31.079	30.993
المعدل	0.173	1.013	0.076	4.465	1.00	1.000

تبين هذه القيم التزايد في الجريان السطحي من الجنوب إلى الشمال الغربي التي تتوافق مع الخصائص المناخية للحوض .

وعند دراسة قيم الجريان السطحي النوعي التي تبرز إنتاجية الحوض يتضح التفاوت ما بين المحطتين، حيث تراوحت ما بين (0.76/ الثانية / كم^2) عند محطة الحسا / التنور، و (4.47 لتر / الثانية / كم^2) عند محطة الحسا / غور الصافي، وهذا التفاوت يعكس تأثير مجموعة من العوامل المختلفة مثل (العوامل الجغرافية، والمناخية والمساحة والتركيب الصخري والأمطار .

وعند استقراء قيم المعامل الهيدرولوجي التي تؤكد عدم الانتظام السنوي ما بين القيم الدنيا والقصوى، حيث سجلت أعلى قيمة سنة 1986/1985 عند محطة الحسا / التنور، وسنة 2007/2006 عند محطة الحسا / غور الصافي .

وسجلت أدنى قيمة سنة 1990/1989 عند محطة الحسا/ التنور، وسنة 1993/1992 عند محطة الحسا / غور الصافي، يلاحظ التوافق السنوي التي شهدت ارتفاع في كميات الأمطار مع ارتفاع كميات الجريان السطحي مما يفسّر ارتباط الأمطار مع نظام الجريان السطحي .

جريان الأساس Base Flow

يعرف جريان الأساس بالجريان الدائم للأودية النهرية، ومصدره المياه الجوفية عن طريق الينابيع Seepage، يتأثر الجريان الأساس في أي حوض مائي بكميات الأمطار الساقطة، ويعتمد ذلك على عدة عوامل منها معدل سقوط الأمطار السنوي، حيث تزيد الأمطار من تصريف الينابيع، وبعد أو عمق الطبقات الحاملة للمياه عن مصدر التغذية، ونوع الطبقة الحاملة للمياه (Aquifer) وطبيعة الصخور المكونة للمنطقة والتي تؤثر على زيادة القدرة على التسرب إلى باطن الأرض .

ويزداد جريان الأساس للأودية تبعاً لزيادة تصريف الينابيع، إلاّ أنّ جريان الأساس في حوض وادي الحسا يتأثر بشكل ضعيف بتصريف الينابيع مقارنة مع تصريف الينابيع في بعض الأحواض المائية الأخرى والتي تتراوح ما بين (100-500 %)، إضافة إلى ضعف تأثره بمياه الأمطار لانخفاض نسبة مساهمة الأمطار في التغذية الجوفية والجريان السطحي . وتنتشر مجموعة من الينابيع والنزازات الصغيرة على امتداد المجرى الرئيس لوادي الحسا، والتي تشكل بدورها الرافد الرئيس لمياه الوادي، وتظهر هذه النزازات بشكل متقطع وعبر مسافات متباعدة في بطن الوادي، وبذلك فإن جريان المياه في الوادي يتسم بالتقطع، ويعتبر من الأودية المتقطعة الجريان، وقد يعود السبب في ذلك لوجود الشقوق الناجمة عن حركات التصدع والانكسار التي تعرض لها سرير

النهر، كما ينتشر مجموعة من الينابيع في المناطق الشمالية الغربية من الحوض مما يزيد من تصريف الأودية الدنيا .

جريان الأساس لوادي الحسا/ التنور

يعد من الأودية المهمة لحوض وادي الحسا من حيث كمية تصريف جريان الأساس وكمية مياه الفيضانات، ويتراوح تصريف جريان الأساس للوادي ما بين(0.47 م.م^3) خلال السنة المائية (1991/1990م) و (3.11 م.م^3) خلال السنة المائية (1981-1982م)، وبلغ معدل تصريف جريان الأساس للوادي خلال فترات التسجيل البالغة (31 سنة) حوالي (1.21 م.م^3 / السنة) ويوضح الجدول (31) كمية جريان الأساس السنوي لوادي الحسا / التنور .

جدول رقم (31)

كمية جريان الأساس السنوي لوادي الحسا / التنور خلال الفترة الواقعة بين 1980-2010 م(م.م^3)

السنة المائية	جريان الأساس م.م^3
1980/1981	1.21
1981/1982	3.11
1982/1983	1.40
1983/1984	1.70
1984/1985	0.88
1985/1986	0.80
1986/1987	0.67
1987/1988	0.86
1988/1989	1.03
1989/1990	0.19
1990/1991	0.47
1991/1992	1.01
1992/1993	2.49
1993/1994	1.00
1994/1995	1.79
1995/1996	0.92
1996/1997	0.79
1997/1998	0.91
1998/1999	0.63
1999/2000	1.37
2000/2001	1.33
2001/2002	2.49
2002/2003	0.67
2003/2004	1.67
2004/2005	0.84
2005/2006	0.62
2006/2007	1.05
2007/2008	0.74
2008/2009	2.90
2009/2010	1.20
2010/2011	0.71

جريان الأساس لوادي الحسا / غور الصافي

يعتبر وادي الحسا / غور الصافي من أهم الأودية لحوض وادي الحسا لوقوعه عند المصب، ومساهمته بكميات كبيرة من تصريف جريان الأساس، حيث بلغ أعلى تصريف للوادي (42.58 م.م^3) خلال السنة المائية (2011/2010م) في حين سجلت السنة المائية (1993/1992) أقل كمية تصريف خلال فترة التسجيل حوالي (10.42 م.م^3) وبلغ معدل التصريف للجريان الأساس للوادي خلال فترة التسجيل البالغة (31) سنة حوالي (26.19 م.م^3 / السنة)، وهنا يأتي دور أصحاب القرار في إنشاء السدود لحجز كميات من هذه المياه قبل وصولها للبحر الميت والاستفادة منها للأغراض المختلفة ، ويوضح الجدول(32) كمية تصريف الجريان الأساس لوادي الحسا/غور الصافي .

جدول رقم (32)

كمية تصريف جريان الأساس لوادي الحسا / غور الصافي خلال الفترة ما بين 1980-2010 م (م.م^3)

السنة المائية	الجريان الأساس م.م^3
1980/1981	27.18
1981/1982	31.20
1982/1983	29.33
1983/1984	28.41
1984/1985	25.50
1985/1986	26.11
1986/1987	26.84
1987/1988	26.99
1988/1989	25.86
1989/1990	27.07
1990/1991	25.58
1991/1992	10.74
1992/1993	10.42
1993/1994	26.03
1994/1995	27.09
1995/1996	27.66
1996/1997	25.97
1997/1998	25.25
1998/1999	25.94
1999/2000	26.35
2000/2001	25.56
2001/2002	28.51
2002/2003	22.31
2003/2004	20.03
2004/2005	24.19
2005/2006	24.87
2006/2007	29.82
2007/2008	25.16
2008/2009	38.09
2009/2010	25.34
2010/2011	42.58

وبذلك فإنَّ كمية المياه الدائمة الجريان التي يساهم فيها الحوض تعد قليلة، ويعود ذلك إلى وقوع الوادي ضمن المناخ الجاف الذي يتميز بانخفاض معدلات الأمطار وارتفاع نسبة التبخر، وعند مقارنة تصريف الينابيع بتصريف جريان الأساس يتبين أن تصريف الينابيع أكثر من تصريف جريان الأساس بسبب :

1. عدم تأثير الطبقات الحاملة للمياه في وادي الحسا في الأجزاء العليا والوسطى من الحوض بمياه الأمطار، الأمر الذي أدّى إلى انخفاض التغذية، وهذا انعكس سلبياً على جريان الأساس .
2. معظم النزازات والينابيع الصغيرة الواقعة في الوادي لا تخضع لقياسات فعلية، وبذلك لا يعطي واقع جريان الأساس في وادي الحسا .
3. يلاحظ أن معظم الينابيع تتركز في الجهة الشمالية الغربية نتيجة التغذية الخارجية التي يتلقاها الحوض من تلك المناطق مما يرفع معدل التصريف السنوي لتلك الينابيع.

ويعتبر حوض وادي الحسا من أكبر الأودية الصحراوية ويساهم بكميات تصريف جريان الأساس في الأراضي الصحراوية، ولذلك لا بد من اتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية لوضع خطط التنمية للمشاريع التنموية .

التصريف الشهري لجريان الأساس :

يوضح الجدول رقم (33) التصريف الشهري لجريان الأساس للفترة الممتدة من عام 1980-2010م، ويتضح من الجدول أن معدل التصريف الشهري لجريان الأساس في وادي الحسا/ غور الصافي بلغ حوالي (2.18م.م^3) وقد سجل شهر آذار أعلى كمية تصريف والتي بلغت حوالي (2.57م.م^3) في حين سجل شهر أيلول أدنى كمية تصريف والتي بلغت حوالي (1.92 م.م^3)

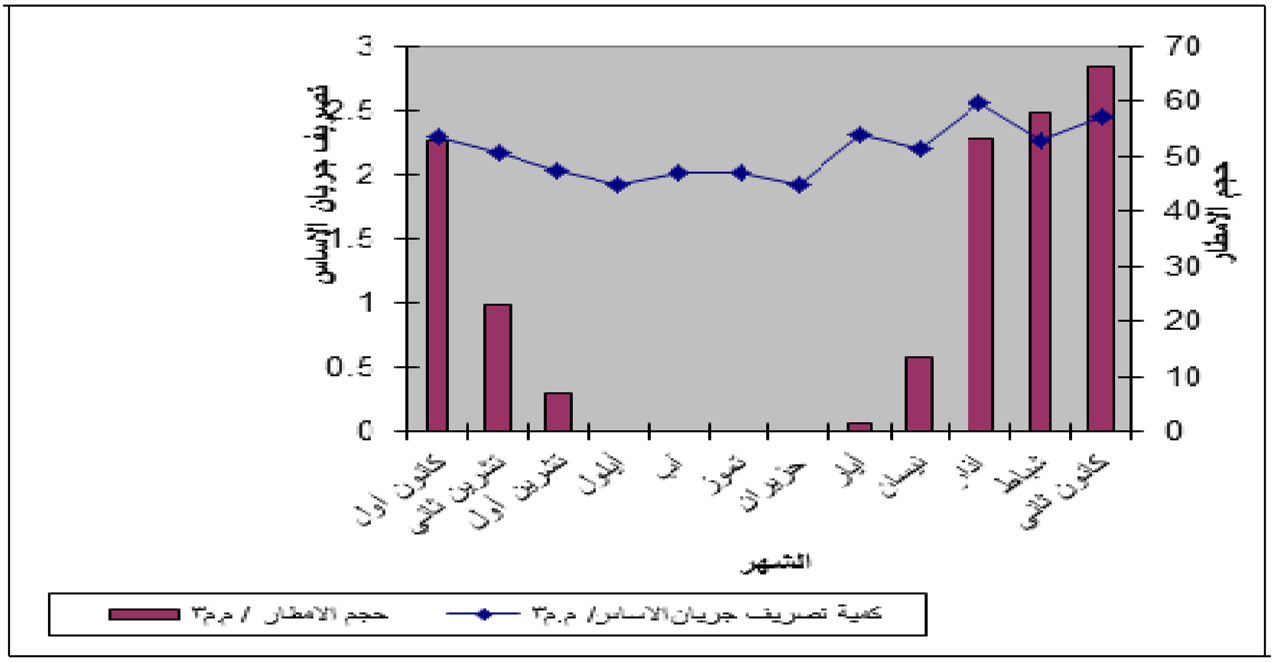
جدول رقم (33)

معدل التصريف الشهري لجريان الأساس في وادي الحسا /غور الصافي للفترة 1980-2010 م. م.م^3

الشهر	كمية تصريف م.م^3
كانون ثاني	2.46
شباط	2.26
آذار	2.57
نيسان	2.2
أيار	2.32
حزيران	1.93
تموز	2.01
آب	2.02
أيلول	1.92

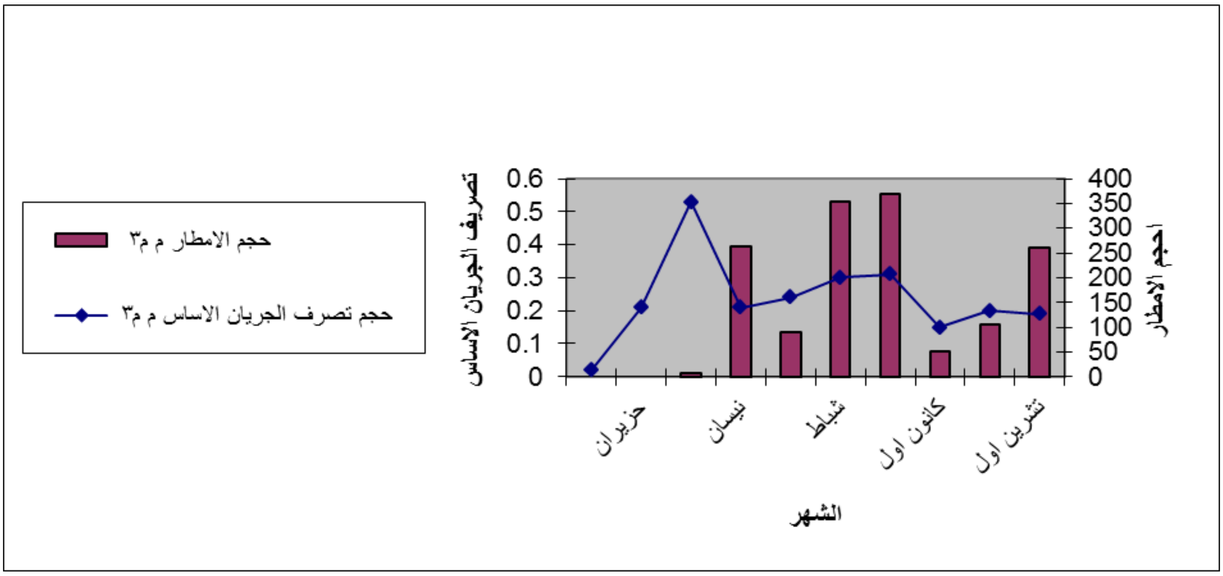
الشهر	كمية تصريف م.م^3
تشرين أول	2.04
تشرين ثاني	2.18
كانون أول	2.3
المعدل	2.18

يتضح من الأشكال (43 و 44) العلاقة بين كمية الأمطار وتصريف جريان الأساس الشهري مدى ضعف تأثر جريان الأساس بالأمطار الساقطة على الحوض مما أدى إلى انخفاض معدلات التغذية للطبقات الجوفية الحاملة للمياه والتي تعد المصدر الرئيس لكل الجريان الأساس من خلال الينابيع الموجودة في الحوض، وضعف العلاقة قد يعود إلى تأثر جريان الأساس بعوامل أخرى غير كمية الأمطار مثل كمية الضخ من الآبار واستغلال مياه الينابيع، وربما يعود أيضاً إلى الخطأ في محطات القياس.



شكل رقم (43)

علاقة الأمطار وتصريف جريان الأساس الشهري في وادي الحسا / غور الصافي



شكل رقم (44)

علاقة الأمطار وتصريف جريان الأساس الشهري في وادي الحسا / التنور

الفيضانات Flood Flow

يعرَّف الفيضان بأنَّه أعلى قمة للجريان السطحي وهو الجزء المتبقي من الأمطار بعد التسرب، والتبخر، ويمكن قياسه في محطات القياس للجريان السطحي أو غيرها من الطرق المختلفة (طعاني، 1999) .

تعتمد الموارد المائية في الأردن على التساقط المطري الذي ينحصر ما بين شهري تشرين أول وأيار، وتتعرض مياه الأمطار إلى التبخر، ووصل معدل التبخر في الأردن حوالي (85%) من كمية الأمطار الساقطة السنوية (الحديدي، 1994) .

في حين الجزء المتبقي من الأمطار يتوزع ما بين التسرب إلى الطبقات الجوفية حوالي (5%)، والجريان السطحي حوالي (10%) الذي ينساب في مجاري الأودية والذي يعد مورداً مائياً مهماً إذ يساهم في تزويد القطاعات الاقتصادية المختلفة، إذا تم تجميعه خلف السدود.

وتشكل دراسة المياه السطحية في وادي الحسا والتي تصب في البحر الميت دون استغلال محوراً هاماً للبحث في طرق الاستخدام الأمثل لهذه المياه .

ويعتمد الجريان الموسمي (الفيضانات) في حوض وادي الحسا على كمية الأمطار الساقطة على الحوض، إضافة إلى شدة وديمومة الأمطار، وقد اعتمد الباحث على البيانات المتعلقة بالفيضانات لمنطقة الدراسة على محطة فيضان وادي الحسا / التنور وعلى محطة فيضان وادي الحسا / غور الصافي.

تعد مياه الفيضانات في منطقة الدراسة ضئيلة مقارنة مع كميات الأمطار الساقطة، وذلك لقلة الأمطار الساقطة في الأجزاء الشرقية والوسطى من الحوض من جهة، والتباعد الزمني بين الموجات المطرية من جهة أخرى، وعند دراسة البيانات المطرية خلال ثلاثين عاماً تبيَّن أنَّ كمية الهطول المطري اليومي التي تقل عن 10مم تشكل ما نسبته حوالي (85%) من مجمل العواصف المطرية، وبذلك يكون العامل الرئيس لانخفاض نسبة الفيضانات ارتفاع نسبة الفاقد الأولي (Initial abstraction) .

لقد اعتمدت الدراسة على الطرق الإحصائية والمعادلات الرياضية لتحديد معامل الفيضان بعد توفر عناصر عديدة تعتبر رئيسة لمعرفة حجم الفيضانات ونسبتها إلى كمية الأمطار الساقطة نظراً لافتقار منطقة الدراسة للبيانات الموثقة لكمية الأمطار التي تسلك طريقها إلى المجاري المائية كفيضانات، والتي تعد مهمةً لتحديد نسبة التسرب لتغذية المياه الجوفية بعد تحديد معامل الفيضان في الحوض، و لتحديد أحجام الفيضانات ونسبتها يتطلب معرفة نوع التربة والتي تشكل عاملاً مهماً في تحديد نسبة الفاقد الأولي.

التحليل التكراري لفترات الرجوع لكميات تصريف الفيضانات

تنبع أهمية دراسة خصائص التصريف المائي للأحواض المائية لارتباطها بالمشاريع التنموية، فمن الناحية المدنية والعمرانية والزراعية يصبح الاهتمام بالحسابات المتعلقة بخصائص التصريف المائي على أساس علمي وذلك عند القيام بإنشاء التصاميم الخاصة بها، ومن هذه الخصائص الهامة للتصريف المائي حساب فترات الرجوع والاحتمال وعلى أساسه يتم اختيار نوع المنشآت وحجمها وشكلها .

وهناك عدة معادلات تبحث في حساب فترات الرجوع والانحراف المعياري والاحتمالية، ومن هذه المعادلات معادلة (Weibull) ومعادلة (Gumbel) التي أثبتت فعاليتها لمعطيات البيانات لحوض وادي الحسا .

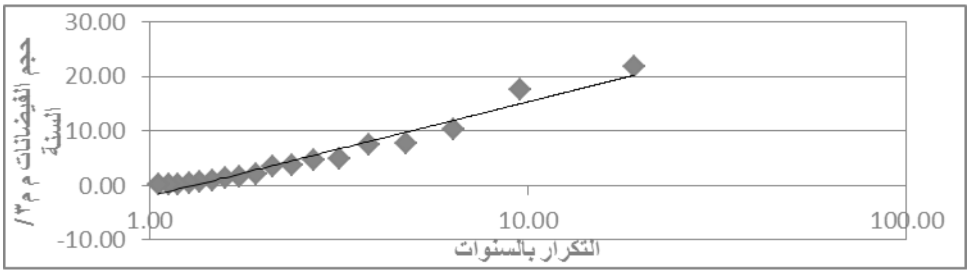
وبتطبيق معادلة (Weibull) لحساب التكرار والاحتمالية لكميات التصريف المائي حسب الجدول (34) شكل (45).

جدول (34)

تحليل التكرار والاحتمالية لكميات الفيضانات السنوية في حوض وادي الحسا /غور الصافي م م^3 / السنة

السنة المائية	الفيضان م م^3/ السنة	الترتيب التنازلي للفيضان م م^3/السنة	الرتبة	الاحتمالية	فترات الرجوع
1980/1981	16.37	40.32	1	0.06	18.00
1981/1982	6.85	39.97	2	0.11	9.00
1982/1983	3.58	34.20	3	0.17	6.00
1985/1986	21.94	21.94	4	0.22	4.50
1990/1991	0.46	16.37	5	0.28	3.60
1994/1995	8.61	11.60	6	0.33	3.00
1996/1997	2.60	8.61	7	0.39	2.57
1997/1998	40.32	7.71	8	0.44	2.25
1998/1999	34.20	6.85	9	0.50	2.00
1999/2000	1.65	5.70	10	0.56	1.80
2000/2001	5.70	3.58	11	0.61	1.64
2001/2002	11.60	2.60	12	0.67	1.50
2003/2004	1.02	1.65	13	0.72	1.38
2004/2005	0.91	1.58	14	0.78	1.29
2005/2006	1.58	1.02	15	0.83	1.20
2006/2007	39.97	0.91	16	0.89	1.13
2008/2009	7.71	0.46	17	0.94	1.06

ويلاحظ من الجدول رقم (34) أن معامل الاختلاف لحجم الفيضانات السنوية مرتفع جداً، حيث بلغ (582%)، وقد يعود السبب في ذلك إلى التباين في كميات التصريف من سنة لأخرى، فقد كانت كمية التصريف في السنة المائية 1998/1997 (40.32 م م^3) في حين كانت في 1991/1990 (0.46 م م^3).



شكل (45)

التحليل التكراري لكميات التصريف المائي م م^3/ السنة

فهناك أيضاً دراسات لحساب سنوات التكرار للفيضانات اعتماداً على معادلة (Gumbel) بناءً على التوزيع الطبيعي، دون اللجوء إلى الرسم على ورق نصف لوغاريتمي الذي يوضح العلاقة ما بين تكرار السنوي على المحور السيني وحجم الفيضانات المحتمل على المحور الصادي، وكانت سنوات التكرار المعيارية لحجم الفيضان المحتمل مبينة في الجدول رقم (35)،

نظراً لتباين حجوم الفيضانات السنوية في حوض وادي الحسا، لذلك تأتي أهمية حساب فترات الرجوع للفيضانات لتقدير كميات الفيضانات المتوقعة تكرارها للسنوات القادمة، لإعطاء صورة مستقبلية لكمية المياه في منطقة الدراسة، ويمكن توفيرها للاحتياجات السكانية المختلفة، إضافة لذلك محاولة التنبؤ عن قوة الفيضانات التي قد تسبب خطراً ومن هنا تأتي أهمية التنبؤ التي تعطي الفرصة للتحكم في هذه الظواهر من خلال بناء السدود وحساب أبعادها لاستيعاب الفيضانات

جدول رقم (35)
حجم الفيضانات المحتملة م^3/ الثانية

سنوات التكرار	حجم الفيضان في حوض وادي الحسا / غور الصافي	حجم الفيضان في حوض وادي الحسا / التنور
2	4.533	2.05
5	4.534	2.12
10	4.535	2.23
20	4.535	2.45
50	4.54	3.11
100	4.55	4.22
200	4.57	6.45

قُدِّرت كمية الفيضان في حوض وادي الحسا / غور الصافي ذو فترة رجوع سنتين في حوض 4.53 م^3 / الثانية ، قد يعزى السبب إلى سيادة المناخ الجاف في الحوض ونفاذيته العالية

واعتماداً على معدل الأمطار فقد صنّفت السنوات المائية في منطقة الدراسة الى ثلاث فئات.

الاولى: سنوات جافة (أقل من 127.5) ملم

الثانية: سنوات عادية (127.5-150) ملم

الثالثة: سنوات رطبة (أكثر من 150) ملم.

كما تمَّ تصنيف الفيضان في منطقة الدراسة إلى ثلاثة أصناف بناءً على معدل حجم الفيضانات :

1. فيضان منخفض :(أقل من)12.06م.م^3
2. فيضان متوسط : (12.06- 15) م. م^3
3. فيضان عالي : (أكثر من 15) م.م^3

كما هو مبين في الجدول رقم (36).

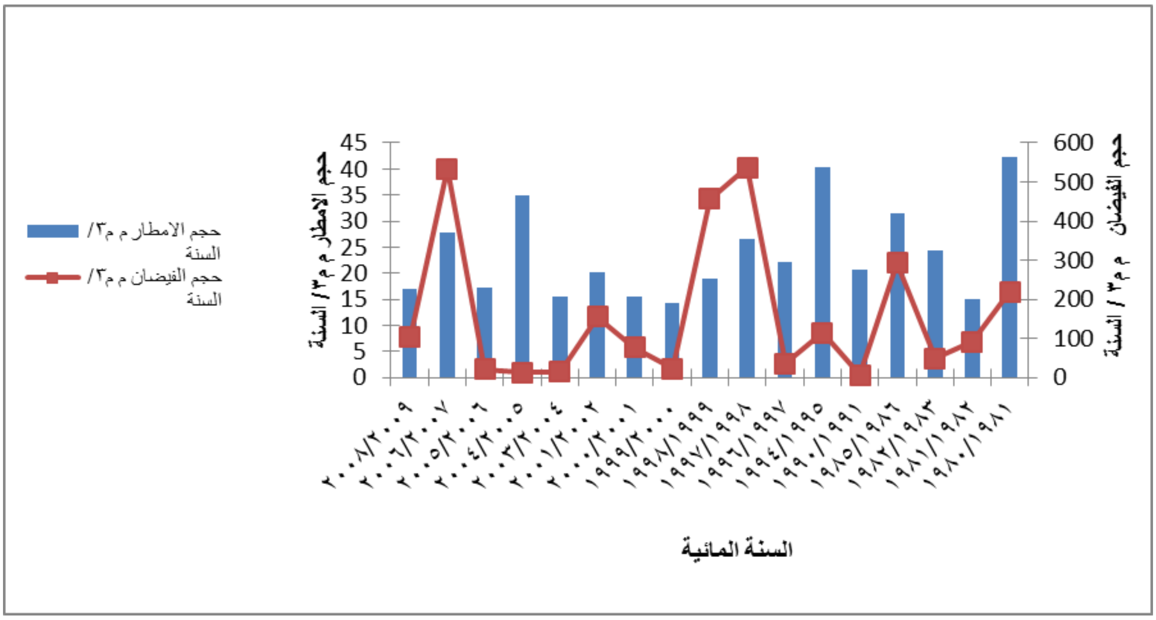
جدول رقم (36)

كمية الأمطار وحجوم الفيضانات السنوية في حوض وادي الحسا / غور الصافي للفترة (1980-2010) ومعامل الفيضان

السنة المائية	معدل الأمطار ملم/ السنة	حجم الأمطار م $م^3$/ السنة	صفة السنة المائية	حجم الفيضان م $م^3$/ السنة	صفة الفيضان	معامل الفيضان
1980/1981	225.3	564.7	رطبة	16.37	عالي	2.90
1981/1982	79.3	198.8	جافة	6.85	منخفض	3.45
1982/1983	128.9	323.1	عادية	3.58	منخفض	1.11
1983/1984	105.7	264.9	جافة	——	——	——
1984/1985	97.8	245.1	جافة	——	——	——
1985/1986	167.5	419.9	رطبة	21.94	عالي	5.23
1986/1987	99.5	249.4	جافة	——	——	——
1987/1988	79.5	199.3	جافة	——	——	——
1988/1989	229	574.0	رطبة	——	——	——
1989/1990	112.1	281.0	جافة	——	——	——
1990/1991	110.1	276.0	جافة	0.46	منخفض	0.17
1991/1992	244.6	613.1	رطبة	——	——	——
1992/1993	215	538.9	رطبة	——	——	——
1993/1994	65.5	164.2	جافة	——	——	——
1994/1995	215.1	539.2	رطبة	8.61	منخفض	1.60
1995/1996	36.2	90.7	جافة	——	——	——
1996/1997	118	295.8	جافة	2.60	منخفض	0.88
1997/1998	141.5	354.7	عادية	40.32	عالي	11.37
1998/1999	101.3	253.9	جافة	34.20	عالي	13.47
1999/2000	76.2	191.0	جافة	1.65	منخفض	0.86
2000/2001	82.3	206.3	جافة	5.70	منخفض	2.76
2001/2002	106.9	268.0	جافة	11.60	منخفض	4.33
2002/2003	177.6	445.2	رطبة	——	——	——
2003/2004	83	208.0	جافة	1.02	منخفض	0.49
2004/2005	185.8	465.7	رطبة	0.91	منخفض	0.20
2005/2006	91.3	228.9	جافة	1.58	منخفض	0.69
2006/2007	147.3	369.2	عادية	39.97	عالي	10.83
2007/2008	137.4	344.4	عادية	——	——	——
2008/2009	90.8	227.6	جافة	7.71	منخفض	3.39
2009/2010	78.6	197.0	جافة	——	——	——
2010/2011	123.7	310.1	جافة	——	——	——

وقد تم حساب معامل الفيضان من خلال علاقة الأمطار بالفيضانات، حيث بلغ معدل معامل الفيضان (3.75%) ومن خلال الجدول رقم (36) فإنَّ قيم معامل الفيضان تتباين من سنة لأخرى، ويعود السبب إلى تباين كميات تصريف الفيضان في الحوض من سنة لأخرى، إضافة إلى انخفاض مساهمة الأمطار في الجريان السطحي في الحوض نظراً لسيادة الظروف الجافة وشبه الجافة، وارتفاع نسبة التبخر، ويتضح ضعف العلاقة بين الأمطار وحجم الفيضانات في منطقة

الدراسة شكل (46)، وقد يعود السبب في ذلك إلى تأثر الفيضانات بعوامل أخرى غير حجم الأمطار ومنها : ديمومة الأمطار وغزارتها ورطوبة التربة



شكل (46)

العلاقة بين حجم الأمطار وحجم الفيضانات السنوية في حوض وادي الحسا للفترة(1980-2010)

ويوضح جدول(37) كميات الفيضانات لوادي الحسا /التنور، فقد بلغ اقل كمية تصريف سنوي حوالي (0.23 م م^{3}) في السنة المائية 1984/1983م و 2007/2006م، في حين بلغ أعلى كمية تصريف في السنة المائية 1988/1987م حوالي (17.53م م^{3})

جدول(37)

كميات الفيضانات لوادي الحسا / التنور م م^{3}/ السنة

كمية الفيضان م م^{3} / السنة	السنة المائية
1.39	1981/1980
4.78	1982/1981
3.58	1983/1982
0.23	1984/1983
3.75	1985/1984
2.18	1987/1986
17.53	1988/1987
0.79	1989/1988
7.6	1991/1990
0.99	1998/1997
10.35	2001/2000
1.62	2002/2001
4.81	2006/2005
0.23	2007/2006
0.25	2009/2008

3.1.4 الينابيع

تعتبر الأمطار السنوية الساقطة على الأحواض السطحية المصدر الرئيس لجريان الأساس ومياه الفيضانات وتغذية الينابيع بالمياه، والتي تعد هي الأخرى مصدر رئيس لرفد المجاري المائية والأودية بالجريان ولندرة الأمطار الساقطة على حوض الحسا، تعد الينابيع أحد المصادر المائية في حوض الحسا للشرب وللأغراض الزراعية وفي غسل الفوسفات في مناجم الفوسفات إضافة إلى الآبار حيث حفر أكثر من عشرين بئراً داخل مناجم الحسا .

- **الينابيع في حوض وادي الحسا :**

يوجد في حوض وادي الحسا عدد من الينابيع والنزازات يزيد عددها عن 31 نبعاً موزعة على الحوض تخرج من مختلف الطبقات المائية .

ومن أهم الخزانات المائية في حوض الحسا توجد في تكوين الحسا الفوسفاتي وعمان السيليسي ووادي السير وتكوين الكرنب الرملي بالإضافة لترسبات العصر الرباعي، وتتركز الينابيع في الجانب الغربي للحوض بسبب انتشار مناطق الضعف التكتوني مما جعل الوحدات الأرضية في غرب الحوض غنية بالمياه الجوفية ويلاحظ بأنَّ التجمعات السكانية تتركز بالقرب منها، حيث تزود المواطنين بمياه الشرب، وان كانت النوعية غير صالحة للشرب يتم استغلالها لري المزروعات وسقاية الماشية شكل (47) .

تصريف الينابيع في حوض الحسا

تصنف الينابيع حسب أهميتها من حيث التصريف أو من حيث موقعها الجغرافي ودرجة استغلالها للأغراض المختلفة، ومن ناحية أخرى تصنف حسب أهميتها من حيث نوعية المياه.

تصنف الينابيع في الأردن من خلال كمية تصريف المياه ونوعيتها، وبعدها عن التجمعات السكانية، إضافة إلى درجة الحاجة لها، ولشح مصادر المياه السطحية والجوفية في الأردن فقد أصبح عامل المساحة غير فعال بسبب الحاجة إلى الينابيع لاستغلال كل نبع ملائم له سواء أكان للاستثمارات المنزلية أم للري أم لسقي الماشية، ويتم تحديد نوع الاستعمال تبعا لنوعية المياه للينابيع وكمية تصريفها .

إضافة إلى استغلال بعض الينابيع للسياحة وهذه الينابيع ذات مياه معدنية حارة مثل حمامات عفرا (حمام النبي داود) الواقع على وادي البريص في وادي الحسا، ويجاورها (حمامات بربيطة)، الذي يقع بعد سد التنور بحوالي 7 كم غربا، و التي تعد موارد سياحية للحوض (سلمان، 2009) .

ويمكن تصنيف الينابيع إلى :

1. الينابيع الشهرية وعددها حوالي (11) نبعاً ومحطات القياس تسجل التصريف مره واحدة كل شهر .
2. الينابيع الفصلية وعددها (2) وسميت فصلية؛ لأن محطات القياس تسجل التصريف مرة واحدة كل ثلاثة شهور، وتأتي بالمرتبة الثانية من حيث أهميتها ومتابعتها ميدانياً بعد الينابيع الشهرية .
3. الينابيع السنوية وعددها ما يقارب (18) نبع وتتراوح من حيث التسمية الهيدرولوجية بين نزازات ونبع منتج وبشكل عام يستعمل معظمها لري المزروعات وخاصة الأشجار المثمرة .

ويصل المعدل السنوي لتصريف الينابيع للفترة الممتدة ما بين (1995م- 2010م) بشكل عام بلغ حوالي (384 م^3 /الساعة) يستغل معظمها لري المزروعات، إضافة إلى أغراض الشرب والاستعلامات المنزلية الأخرى، ويوضح الجدول رقم (38) التصريف السنوي لهذه الينابيع (م^3/ الساعة).

جدول رقم (38)

تصريف الينابيع السنوي في حوض وادي الحسا (م^3/ الساعة)للفترة (1995- 2010)

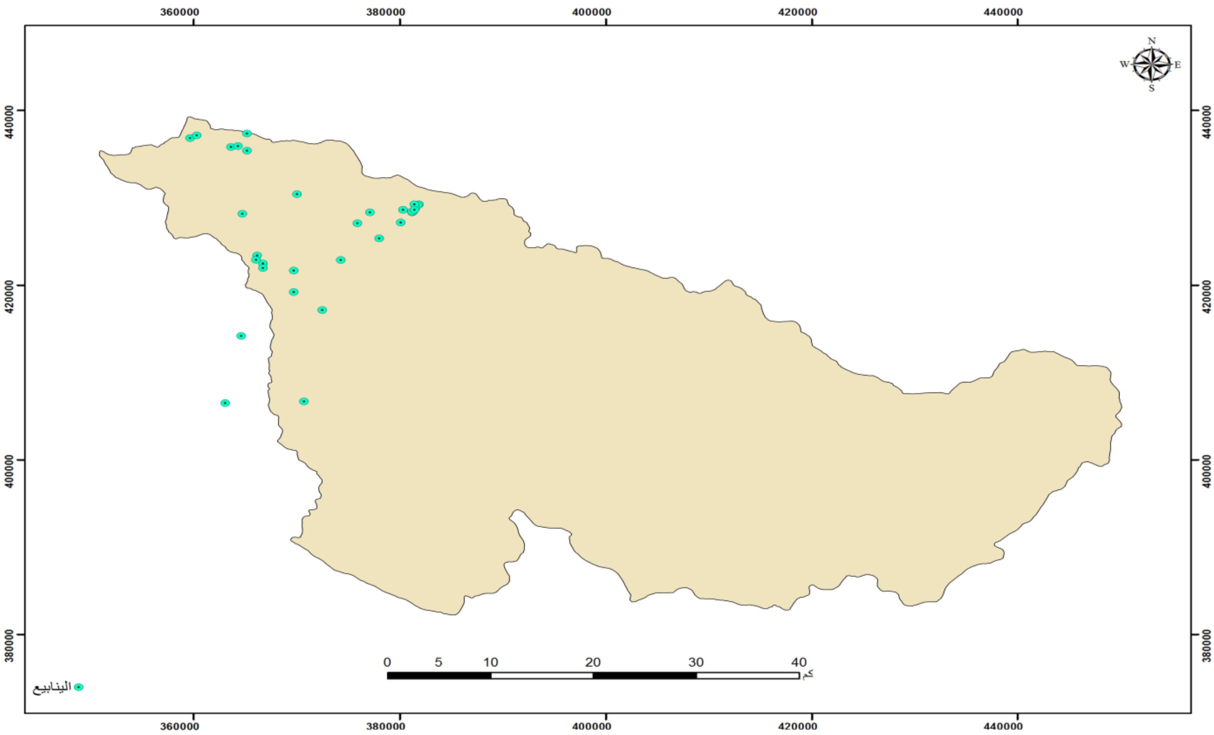
السنة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون اول	أعلى تصريف	اقل تصريف	المجموع	معدل التصريف	معدل التصريف السنوي م م3/ السنة
2010	73.1	317.9	408.5	369.0	247.2	18.9	–	–	–	–	–	5.6	369.0	5.6	1440.2	205.7	1.8
2009	361.6	392.5	-	66.5	94.0	61.3	64.4	1.0	2.6	301.3	372.8	–	392.5	1.0	1718	171.8	1.5
2008	456.1	537.0	455.3	–	428.3	396.5	86.2	485.2	–	306.7	333.0	8.5	537.0	8.5	3492.8	349.3	3.1
2007	282.9	365.7	27.5	318.3	403.7	353.6	461.7	427.5	416.5	–	3.1	502.3	502.3	3.1	3562.8	323.9	2.8
2006	384.6	487.1	473.1	413	503.2	455.1	368.7	351.4	390.7	292.5	77.6	312.3	503.2	77.6	4509.3	375.8	3.3
2005	457.5	394.3	419.0	450.5	467.6	466.0	418.1	428.8	372.2	398.5	403.9	403.4	467.6	372.2	5079.8	423.3	3.7
2004	346.8	422.6	422.5	453.0	473.1	348	362.9	103.8	95.6	75.5	89.3	436.3	473.1	75.5	3629.4	302.5	2.6
2003	588.6	605.5	687.2	541.9	397.5	15.8	394	407.8	2.4	375.3	–	368.2	687.2	2.4	4384.2	398.6	3.5
2002	492.5	539.2	464.3	533.9	654.9	448.5	433.2	395.3	396.2	473.3	501.8	442.1	464.3	395.3	5775.2	481.3	4.2
2001	469.1	472.5	531.5	532.6	556.2	500.2	566.6	559.9	537.8	469.8	420.2	454.1	566.6	420.2	6070.5	505.9	4.4
2000	427.8	484.4	702.1	533.5	506.2	484.3	378.2	109.7	360	441.2	437.1	466.7	702.1	109.7	5331.2	444.3	3.9
1999	444.8	633.2	407.5	438.4	429.7	526.2	425.6	533.9	469.3	443.6	410.2	448.2	633.2	410.2	5610.6	467.6	4.1
1998	465.9	465.6	735.7	703.4	520.9	431.9	422.8	486.1	436.8	609.4	392.5	475.6	735.7	392.5	6146.6	512.2	4.5
1997	399.5	50.0	118.2	204.6	33.0	504.9	497.5	371.8	150.1	240.5	553.8	413	553.8	33.0	3536.9	394.7	2.6
1996	497.7	402.4	519.8	548.9	576.3	505.7	579.2	2.4	458.9	456	478.8	311.8	573.0	2.4	5337.9	444.8	3.9
1995	417.6	411.6	610.2	481.2	67.0	494.1	533.5	655.6	409.1	475.5	399.4	359.2	655.6	67.0	5314	442.8	3.9

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على بيانات وزارة المياه والري، 2010

يتضح من الجدول بأنَّ معدل التصريف لجميع الأشهر متقارب إلى حد ما ،وأنَّ الفرق في معدل التصريف بين أشهر الصيف والشتاء ليس كبيراً.

وبذلك فإنَّ تصريف الينابيع في الحوض تواجه انخفاض في معدل التغذية للطبقات الجوفية الحاملة للمياه، وذلك لعدم فعالية الأمطار لبعد الطبقات الجوفية الحاملة للمياه عن المصدر التغذية من جهة وارتفاع معدل التبخر في الحوض مما يؤدي إلى انخفاض مساهمة الأمطار في تغذية الطبقات الجوفية من جهة أخرى.

إضافةً إلى ذلك ارتفاع نسبة الضخ من مياه الآبار الذي أثَّر سلباً على كمية المياه الجوفية .



شكل رقم (47)
توزيع الينابيع في حوض وادي الحسا

- **الوضع المائي للينابيع**

يوضح الجدول رقم (39) تصريف الينابيع ومعدل التصريف (م^3/ الساعة)

جدول رقم (39)

تصريف ومعدل التصريف للينابيع في حوض ووادي الحسا (م^3/ الساعة)

النبع	التصرف م3/الساعة	سنوات الرصد	المعدل م3/الساعة	اعلي تصريف م3/الساعة	اقل تصريف م3/الساعة
يهوديا كبيرا	3236.2	40	80.9	38.4	5.1
يهوديا صغيرا	481.34	40	12	12	0.5
الحسا تنور	5235.7	25	209.4	308	0
بير الحرير	5899.4	21	280.9	110	3.8
حمام بربيطة	15103	29	520.8	673	6.2
العويل	54.6	5	10.9	15.8	8.7
البيضة	16.4	20	0.8	5.1	0
البركة	10.3	1	10.3	10.3	10.3
ابو شتل	132	17	7.8	18	0.0
ابو شتل الفوقا	185.8	18	10.3	21.3	2.4
ارتيجا	53.6	29	1.8	24.4	0.3
ارميم	0	2	0	0	0
ارحاب	376.7	34	11.1	10.3	10
افلات	2320.6	41	56.6	46.9	40
حمراش	0.4	1	0.4	0.4	0.4
مزراب	71.	22	3.2	8	0
مواسي	52.6	22	2.4	8.6	0.2
مندور	.3.3	11	0.3	0.8	0
ماجة زيتونة	0.4	1	0.4	0.4	0.4
جوزة	5.4	17	0.3	0.8	0.1
موصلا فوقا	204.7	39	5.2	9.3	0
موصلا تحتا	923.5	40	23.1	36.1	0
مغزيل كبيرا	16071.9	40	401.8	96.6	20
مغزيل صغيرا	12.1	1	12.1	12.1	12.1
القسطل	7.7	18	0.4	0.8	0
فرح	425.7	30	14.2	13.5	1.08
ام امود	44.9	1	44.9	44.9	44.9
تالا	0.5	2	0.3	0.36	0.18
سوراجا	77.0	31	2.5	6.2	1.03
مروان	59.5	32	1.9	3.6	0.5
حمامات عفرا	72295.2	30	2409.8	997	22.2
السدير	—	0	0		
المجموع	123358.1				

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على بيانات وزارة المياه والري، 2010

يتضح من جدول (39) على سبيل المثال لا الحصر بأنَّ مياه نبع حمامات عفرا، تخرج من الطبقات الجيولوجية لطبقة الكرنب التي تعلوها طبقة البلقاء الأولى والثانية وتخرج مياه النبع من طبقات عميقة يزيد عمقها على 2000 م تحت سطح الأرض ويعتبر النبع من الينابيع الحارة التي تتراوح درجة حرارة مياهه ما بين 45- 50 م°، واحتواؤه على عناصر كيميائية تساعد على شفاء الكثير من الأمراض مما اكسبه أهمية سياحية .

وقد بلغ أعلى تصريف للنبع حوالي 997 م^3/ الساعة عام 1974 واقل تصريف حوالي 22,2 م^3/ الساعة لعام 2006 وبلغ معدل التصريف السنوي 2409.8م^3 في الساعة.

وهذا التصريف يتفاوت ما بين الزيادة والنقصان ؛ ويعود ذلك إلى تأثره بالطبقة العجلونية السابعة بمياه الأمطار حيث إنَّ هناك جزءاً من المياه تخرج من الطبقات العميقة التي لا تتأثر بكميات الأمطار الساقطة.

- حمامات بريبطة :تقع في الجزء الجنوبي من وادي الحسا قبل التقائه بوادي عفرا شمال مدينة الطفيلة وهي معتدلة الحرارة وتصل درجة حرارة مياهه حوالي 49م°، ويحتوي على عدة أنواع من الأملاح والمعادن مثل الكلورايد وكبريتيد الهيدروجين ويتميز بفاعلية علاجه . وتنبع مياهه من الصخور الرملية الكربونية العائده إلى العصر الطباشيري السفلي وهذه الطبقة تعلوها طبقة من الحصى على شكل ترسبات حديثة .

وقد بلغ أعلى تصريف لها 673 م^3 في الساعة في شهر آذار عام 1985 وأدنى تصريف وصل 6.2 م^3 في الساعة بشهر أيار عام 1990 م ووصل معدل التصريف السنوي 520.8م^3 في الساعة .

وبشكل عام فإن هناك ينابيع عديدة تراجع تدفقها المائي بشكل ملحوظ نتيجة الظروف الطبيعية من سنوات الجفاف المتتالية حيث إن انخفاض كميات الأمطار هي السبب الرئيس في تراجع التدفق المائي ممَّا أدى إلى تراجع في عدد الينابيع .

وهناك عديد من الينابيع على هيئة نزازات شحيحة لا تكاد تروي البساتين المحيطة بها . حيث لم يسجل نبعا السدير وارميم أي كميات التصريف، في حين بلغت كمية التصريف لينابيع مندور وماجة الزيتونة وحمراش متجمعة 4.1م^3 في الساعة فقط.

وبذلك فأنَّ الينابيع في الحوض باستثناء حمامات عفرا مغزيل الكبيرا وحمامات بريبطة والحسا تنور وبير الحرير التي زاد معدل التصريف لكل نبع عن 200م^3 في الساعة على أنَّ هناك 18 نبعاً لم تزد معدل التصريف فيها عن 154م^3 في الساعة ووصلت كمية التصريف لها مجتمعه 769.6 م^3 في الساعة.

وبذلك فإنَّ هناك مساحات واسعة من بساتين الزيتون وغيرها من الأشجار المثمرة تعاني من انخفاض مساحتها نتيجة توالي سنوات الجفاف والتصحر وانخفاض منسوب الينابيع التي ترويها وتوقف تدفق المياه من بعضها.

ولذلك لابد من صيانة الينابيع واستغلال الفاقد من مياها الذي يذهب هدرا والعمل على تقليل نسبة الفاقد من التبخر والتسرب عبر القنوات والعمل على وضع أنابيب بلاستيكية تحافظ على المياه من الهدر والضياع.

4.1.4 الموازنة المائية في حوض وادي الحسا

تعتبر الموازنة المائية ذات أهمية في تقدير كميات الفائض أو العجز المائي وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، لما تعانيه تلك المناطق من عجز مائي نظراً لمحدودية الموارد المائية السطحية، وانخفاض كميات الأمطار الساقطة وعدم انتظامها من عامٍ لآخر .

ولذلك لا بد من تقدير الموازنة المائية في منطقة الدراسة لوقوعها ضمن الإقليم الجاف لتحديد كميات العجز المائي، وتحديد كمية احتياجات النباتات من مياه الري ووضع الخطط التنموية للاستفادة من المياه الجارية، والفائض المائي والحد من هدرها، وفهم هيدرولوجية المياه في المنطقة .

وتعني الموازنة المائية: التوازن الديناميكي لكميات المياه المضافة عن طريق الأمطار أو الري، وكمية تبخر المياه من التربة والنباتات والجريان السطحي (شحادة، 1983)، وتعتمد الموازنة المائية على الأمطار ومعدل التبخر – النتح الكامن والجريان السطحي جداول (40 و 41 و 42 و 43) تبيِّن عناصر الموازنة المائية في الحوض .

1. التبخر- النتح الكامن (Potential Evapotranspiration (PET ويقصد بالتبخر – النتح الكامن كمية المياه المفقودة من المسطحات المائية أو من التربة المشبعة بالمياه وتتأثر كمية التبخر بنوع التربة وكمية المياه الموجودة في التربة والنباتات.

وتعد معادلة Tohrnthwaite ثورنثويت ذات فائدة كبيرة لتقدير الموازنة المائية للأحواض الصغيرة والكبيرة المساحة، ويمكن تطبيقها على المناطق التي لا تتوفر فيها بيانات دقيقة عن السعة الحقلية للتربة ونوعية الغطاء النباتي والأعماق الممتدة فيها .

ومن الممكن التوصل إلى نتائج قريبة للحقيقة، ولعدم توفر تلك البيانات في منطقة الدراسة، اعتمد الباحث على تلك المعادلة ومن الممكن التوصل إلى نتائج قريبة للحقيقة، ويمكن تقدير التبخر - النتح الكامن من المعادلة التالية :

$$PET = 1.6 \times c \times (10 \times T/I)^a$$

(Thornthwait and mather , 1955 , 1957)

2. تقدير الفرق بين معدلات التساقط والتبخر- النتح الكامن (P-PET) يتم تقدير (P-PET) لتقدير الفائض المائي (Water Surplus) والعجز المائي (Water Deficit)،.

جدول رقم (40)
عناصر الموازنة المائية لمحطة المزار

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري ملم	5.98	6.04	8.69	13.61	17.27	19.60	21.32	21.32	19.68	16.87	11.59	7.35	14.1
قرينة الحرارة الشهرية	1.3	1.3	2.3	4.6	6.5	7.9	9.0	9.0	8.0	6.3	3.6	1.8	61.5
دالة القرينة الحرارية	0.52	0.52	0.53	0.57	0.61	0.63	0.65	0.65	0.63	0.60	0.56	0.52	0.58
التبخر– النتح الكامن	1.6	1.6	2.0	2.5	2.9	3.1	3.3	3.3	3.1	2.9	2.3	1.8	30.4
معامل التصحيح	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.20	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87	
التبخر– النتح الكامن المعدل	1.4	1.4	2.0	2.7	3.5	3.8	4.0	3.8	3.2	2.8	2.0	1.5	32
التبخر– النتح الكامن ملم	14	14	20	27	35	38	40	38	32	28	20	15	321
التساقط ملم	69.34	79.73	48.46	11.95	1.54	0.0	0.0	0.0	0.0	4.34	16.13	52.83	153.8
التساقط- التبخر– النتح الكامن	55.3	66.1	28.3	-15.4	-33.1	-37.6	-39.8	-37.8	-32.3	-23.8	-4.2	37.4	-36.9
تراكم عجز الرطوبة	0.0	0.00	0.0	-15.4	-48.5	-86.1	-125.9	-163.8	-196.1	-219.9	-224.1	0.0	

جدول رقم (41)

عناصر الموازنة المائية لمحطة عابور

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري ملم	7.12	7.24	12.28	15.86	19.35	23.02	24.26	24.37	22.31	19.14	13.22	8.90	16.4
قرينة الحرارة الشهرية	1.7	1.8	3.9	5.7	7.8	10.1	10.9	11.0	9.62	7.6	4.4	2.4	76.9
دالة القرينة الحرارية	0.52	0.52	0.56	0.59	0.63	0.67	0.68	0.68	0.66	0.63	0.57	0.53	0.60
التبخر– النتح الكامن	1.5	1.5	2.1	2.5	2.8	3.1	3.2	3.2	3.0	2.8	2.2	1.7	29.7
معامل التصحيح	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.20	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87	
التبخر– النتح الكامن **معدل**	1.4	1.3	2.2	2.7	3.3	3.7	3.9	3.7	3.1	2.7	1.9	1.5	31
التبخر– النتح الكامن **ملم**	14	13	22	27	33	37	39	37	31	27	19	15	314
التساقط ملم	49.60	43.60	39.32	9.47	1.19	0.0	0.0	0.0	0.0	3.89	10.04	33.05	190.2
التساقط - التبخر– النتح الكامن	36.0	30.3	17.5	-17.2	-31.9	-37.1	-38.6	-36.8	-31.2	-23.2	-9.5	17.9	-123.8
تراكم عجز الرطوبة	0.0	0.00	0.00	-17.2	-49.1	-86.2	-124.8	-161.6	-192.8	-216	-225.5	0.00	

جدول رقم (42)
عناصر الموازنة المائية لمحطة جرف الدراويش

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري ملم	7.74	9.44	11.91	17.08	20.86	23.24	24.78	24.85	23.40	19.71	14.17	9.32	17.2
قرينة الحرارة الشهرية	1.9	2.6	3.7	6.4	8.7	10.2	11.3	11.3	10.3	8.0	4.8	2.6	82.0
دالة القرينة الحرارية	0.53	0.54	0.56	0.60	0.64	0.67	0.69	0.69	0.67	0.63	0.58	0.54	0.61
التبخر– النتح الكامن	1.5	1.7	2.0	2.5	2.8	3.0	3.1	3.1	3.0	2.7	2.2	1.7	29.7
معامل التصحيح	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.20	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87	
التبخر– النتح الكامن معدل	1.4	1.5	2.1	2.7	3.4	3.6	3.8	3.6	3.1	2.7	2.0	1.5	31
التبخر– النتح الكامن ملم	14	15	21	27	34	36	38	36	31	27	20	15	313
التساقط ملم	17.12	11.77	15.90	5.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.36	8.60	15.95	76.7
التساقط - التبخر– النتح الكامن	3.4	-3.2	-4.8	-22.0	-33.7	-36.3	-38.0	-36.2	-31.3	-24.4	-11.1	0.9	-236.6
تراكم عجز الرطوبة	0.0	-3.2	-8.0	-30.0	-63.7	-99.9	-138.0	-174.2	-205.4	-229.8	-240.9	0.0	

جدول رقم (43)
عناصر الموازنة المائية لمحطة الحسا

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
معدل درجة الحرارة الشهري ملم	8.38	10.08	12.55	17.72	21.5	23.88	25.42	25.49	24.04	20.35	14.81	9.96	17.8
قرينة الحرارة الشهرية	2.2	2.9	4.0	6.8	9.1	10.7	11.7	11.8	10.8	8.4	5.2	2.8	86.3
دالة القرينة الحرارية	0.53	0.54	0.56	0.61	0.65	0.68	0.69	0.69	0.68	0.64	0.58	0.54	0.62
التبخر– النتح الكامن	1.6	1.8	2.0	2.5	2.8	3.0	3.1	3.1	3.0	2.7	2.2	1.7	29.7
معامل التصحيح	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.20	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87	
التبخر– النتح الكامن **معدل**	1.4	1.5	2.1	2.7	3.4	3.6	3.8	3.6	3.1	2.7	2.0	1.5	31
التبخر– النتح الكامن **ملم**	14	15	21	27	34	36	38	36	31	27	20	15	313
التساقط ملم	10.750	6.100	9.200	1.700	0.500	0.0	0.0	0.0	0.0	2.200	7.300	10.000	47.8
التساقط- التبخر– النتح الكامن	-3.2	-9.0	-11.6	-25.3	-33.0	-36.1	-37.8	-36.0	-31.1	-24.5	-12.4	-5.2	-265.2
تراكم عجز الرطوبة	-3.2	-12.07	23.67	-48.97	-81.97	-118.07	-155.87	-191.87	-222.97	-247.47	-259.87	-265.07	

3. التغير في تراكم عجز الرطوبة :

ويتم تقدير تراكم عجز الرطوبة من خلال (P-PET) فإذا كانت معدلات الأمطار أكثر من معدل التبخر - النتح الكامن (PET< P) عندها يكون فائض (التشبع)، يتم إضافة الفرق إلى رطوبة التربة لدرجة وصول التربة للتشبع (السعة الحقلية) عندما يصبح التغير صفراً، وعندما يكون التبخر الكامن أكثر من التساقط (PET > P) عندها يكون عجز، ويكون التغير في تناقص إلى درجة نقطة الذبول عندها يصبح تراكم العجز في الرطوبة صفراً أيضاً.

أي أنه تكون قيمة (Accumulated Potentid wetness loss) (AWL) صفراً في الشهور التي تتميز بفائض مائي، ويبدأ حساب (AWL) مع بداية الشهور التي تتميز بعجز مائي، كما هو موضَّح في الجداول رقم (40 و 41 و 42 43) .

ويعتقد الباحث أن قيم تراكم عجز الرطوبة مؤشر واضح على رطوبة التربة المتاحة، مما يؤدي إلى الجريان السطحي في الشهور التي لا تعاني من عجز في تراكم الرطوبة في التربة، لما لها من أهمية في الزراعة لوضع الأسس والبرامج التنموية الزراعية في عملية الري وتحديد كميات المياه اللازمة للري وأوقاتها، إضافة لذلك إمكانية إنشاء السدود الترابية لحجز المياه، كما في محطتي المزار وعابور .

4. رطوبة التربة The Actual storage of soil moistur (SM) :

يتم تقدير الرطوبة في التربة لكل شهر من خلال المعادلة :

$$SM= AWC \times e^{(APWL/AWC)}$$

وتم حساب السعة الحقلية في التربة (السعة المائية المتاحة في التربة)، والتي تعني المحتوى الرطوبي الذي تحتفظ به التربة بعد رشح الماء اعتماداً على خصائص نسيج التربة (نسبة الرمل والطين والغرين ونسبة المواد العضوية لوحدات التربة في منطقة الدراسة)، حيث اعتمد الباحث على نموذج (One Dimension assoil water Dynamics Model (SWDM-ID) وكخطوة أولى ما تم حساب (Bulk Density) اعتماداً على نسبة الرمل والطين ونسبة (Soil organic carbon) وبعد ذلك احتسبت السعة الحقلية (Field capacity) بناء على نسبة الرمل والطين و (Soil organic carbon) و (Bulk Density) و (Coarse Fragments) إضافة لذلك قام الباحث بحساب نقطة الذبول Welting Point .

اعتماداً على السعة الحقلية ونسبة الرمل وكثافة الكتلة، وتم تحديد السعة الحقلية للتربة ونقطة الذبول في حوض وادي الحسا تبعاً لاختلاف نوع التربة من حيث نسبة الرمل والطين والغرين والمواد العضوية وتركيبها، حيث الرطوبة للنباتات تعتمد على نسيج وسمك التربة، إضافة إلى عمقها كما تؤثر على مقدار الجريان السطحي وكمية المياه الجوفية، حيث ينخفض استيعاب

التربة للمياه مع زيادة الرطوبة المتاحة للتربة، حيث إذا لم تصل التربة لدرجة التشبع لا يحصل جريان سطحي أو مياه جوفية.

فعندما تسقط الأمطار وبعد وصول التربة لحالة التشبع تبدأ عندئذ تنساب المياه في التربة وتمتلئ مسامات وفراغات التربة وعندما تمتلئ تجري المياه على السطح وبعد ذلك تتشبع التربة بالمياه والتي تسمى بالسعة الحقلية، وتعتمد السعة الحقلية على نسيج التربة، فالتربة الرملية تعد سعتها الحقلية منخفضة نظراً لتشبعها بسرعة، حيث تتسرب المياه عبر مساماتها بسرعة على عكس التربة الطينية وتقاس السعة الحقلية بنسبة وزن المياه الموجودة في التربة إلى وزن التربة المشبعة، شكل (48) يبين السعة الحقلية للحوض .

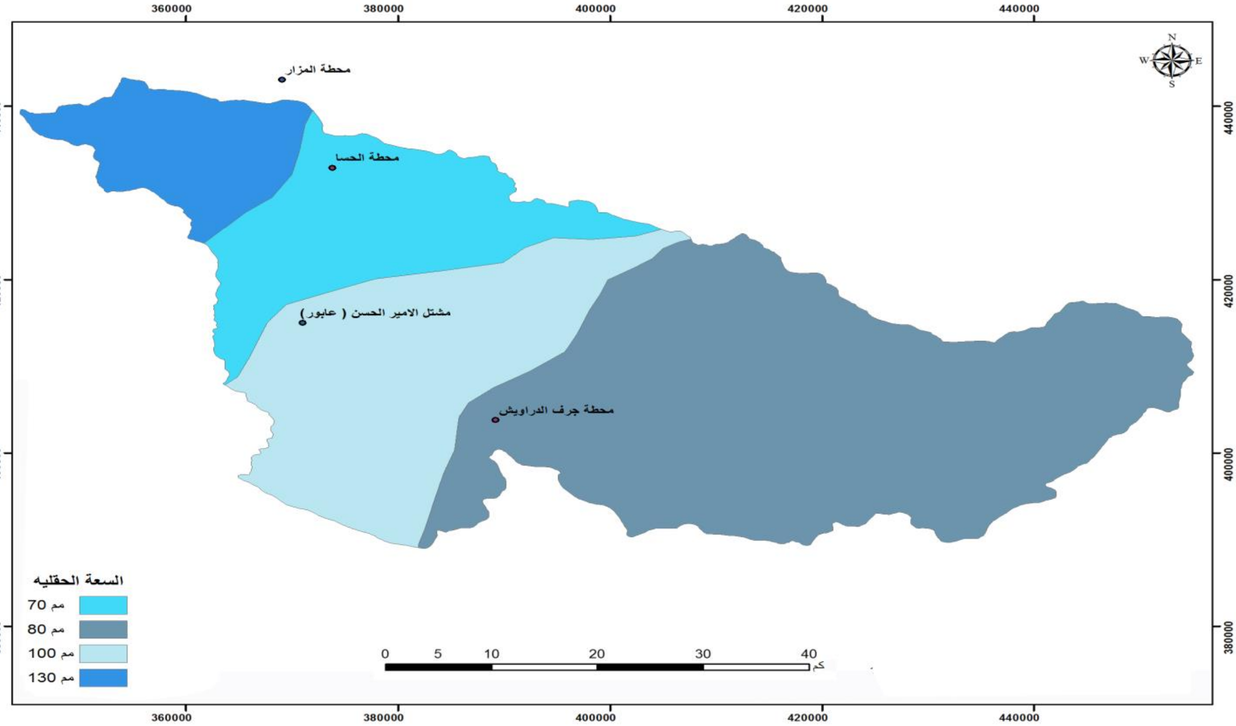
ونظراً لتربة الحوض الصحراوية والرقيقة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء قليلة في حين تنتشر التربة الطينية في المناطق التي تغطيها محطة المزار، إضافة إلى الاعتماد على خرائط التربة التي أنتجتها وزارة الزراعة فقد كانت السعة الحقلية في حوض وادي الحسا كما هو في الجدول رقم (44)

الجدول رقم (44)

السعة الحقلية لمحطات حوض وادي الحسا

المحطة	السعة الحقلية
المزار	130
عابور	100
جرف الدراويش	80
الحسا	70

ومن ثم قام الباحث بحساب رطوبة التربة، جدول رقم (45) وقام الباحث باستخراج التغير في رطوبة التربة المتاحة من خلال طرح رطوبة التربة للشهر من رطوبة التربة للشهر الذي يليه وبذلك فالقيم الموجبة تدل على ما تم إضافته إلى التربة من الرطوبة والقيم السالبة على كمية الرطوبة المفقودة بالتبخر



شكل رقم (48)

السعة الحقلية في حوض وادي الحسا

جدول رقم (45)

رطوبة التربة والتغير في رطوبة التربة محطات حوض وادي الحسا

المحطة	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
المزار	200	64	64.985	73.394	86.588	105.06	128.77	156.06	184.83	200	200	200	رطوبة التربة
	136.39	-1.378	-8.409	-13.19	-18.47	-23.71	-27.29	-28.77	15.172	0	0	0.0	تغير رطوبة التربة
	15	18	13	13	18	24	27	30	27	20	14	14	التبخر الحقيقي
	0.0	2.8	15.4	19.1	19.4	16.1	10.3	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	العجز المائي
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	66	55	الفائض المائي
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	47	28	الجريان المائي
عابور	200	63	66.291	74.644	87.564	105.67	128.71	155.56	183.15	200	200	200	رطوبة التربة
	136.84	-3.127	-8.352	-12.92	-18.11	-23.04	-26.86	-27.59	16.846	0	0	0.0	تغير رطوبة التربة
	15	13	12	13	18	23	27	29	27	22	13	14	التبخر الحقيقي
	0.0	6.3	14.9	18.3	18.7	15.5	10.2	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	العجز المائي
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	17	30	36	الفائض المائي
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	21	24	18	الجريان المائي

المحطة	كانون الاول	تشرين الثاني	تشرين الاول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
جرف الدراويش	200	58	61.769	69.982	82.105	98.794	119.99	144.42	171.54	191.96	196.73	200	رطوبة التربة
	141.63	-3.396	-8.213	-12.12	-16.69	-21.19	-24.43	-27.12	20.421	4.7657	3.2713	0.0	تغير رطوبة التربة
	15	12	11	12	17	21	24	27	27	21	15	14	التبخر الحقيقي
	0.0	7.7	16.2	19.1	19.5	16.8	11.8	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	العجز المائي
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	الفائض المائي
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	الجريان المائي
الحسا	52	53	56.456	63.983	75.008	90.165	109.4	131.55	155.75	177.24	188.05	200	رطوبة التربة
	-1.393	-3.461	-7.527	-11.02	-15.16	-19.23	-22.16	-24.19	21.494	10.811	11.946	148.4	تغير رطوبة التربة
	11	11	10	11	15	19	22	25	27	21	15	14	التبخر الحقيقي
	3.8	8.9	17.0	20.1	20.8	18.6	13.9	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	العجز المائي
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	الفائض المائي
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	الجريان المائي

5. التغير في رطوبة التربة يمكن حساب التغير في رطوبة التربة لشهور السنة من خلال طرح رطوبة التربة للشهر من رطوبة التربة للشهر السابق وهكذا لشهور السنة .
6. تقدير التبخر الحقيقي The Actual Evaportranspiration قام الباحث بحساب التبخر الحقيقي تبعاً للطريقة التالية :

إذا كان التغير في رطوبة التربة أكبر من صفر (Δ SM >0)

يكون AET =PET .

وعندما يكون التغير في رطوبة التربة أقل من صفر أي قيم التغير في رطوبة التربة سالبة Δ SM < 0 يكون التبخر الحقيقي يساوي التساقط مضافاً إليه التغير في رطوبة التربة جدول رقم (45).

يكون : (Δ SM ×-1) +P= AET

7. تقدير الفائض المائي Water surplus

إذا زادت كمية الأمطار الساقطة عن كمية التبخر – النتح الكامن عندها يكون فائض مائي، فتأخذ التربة كمية من المياه لتصل درجة التشبع والجزء المتبقي من مياه الأمطار يجري على سطح الأرض في حين الجزء الأخر تتسرب إلى باطن الأرض ليغذي المياه الجوفية ففي الشهور التي تكون فيم رطوبة التربة مساوياً لسعته الحقيلية المتاحة يكون فائض مائي ،ويتضح من الجدول (45) تباين قيم المحطات من شهر لأخر، ففي محطة عابور يمتد الفائض المائي من شهر كانون الأول لغاية شهر آذار، وكذلك محطة المزار يمتد الفائض المائي من شهر كانون الثاني بينما محطة جرف الدراويش يتوفر الفائض المائي في شهر كانون الثاني، في حين محطة الحسا تعاني من عجز مائي، بينما تعاني جميع المحطات من عجز مائي لبقية الشهور.

8. تقدير العجز المائي Water Deficit

تعاني المنطقة من عجز مائي عندما يكون التبخر الكامن أعلى من كمية الأمطار الساقطة، وتعاني المنطقة من عجز مائي في الشهور التي لا تتساوى فيها رطوبة التربة المتاحة مع السعة الحقلية .

9. تقدير الجريان السطحي Water Runoff

وقام الباحث بحساب الجريان السطحي من خلال إضافة 50% من الفائض المائي للشهر السابق إلى 50% من فائض الشهر الحالي .

وبذلك يعتبر تقدير الفائض المائي والعجز المائي والجريان السطحي، جدول (45) ذات أهمية بالغة في تحديد قدرة الأمطار على سد الاحتياجات المائية للمنطقة، إضافة لتحديد إمكانية إنشاء

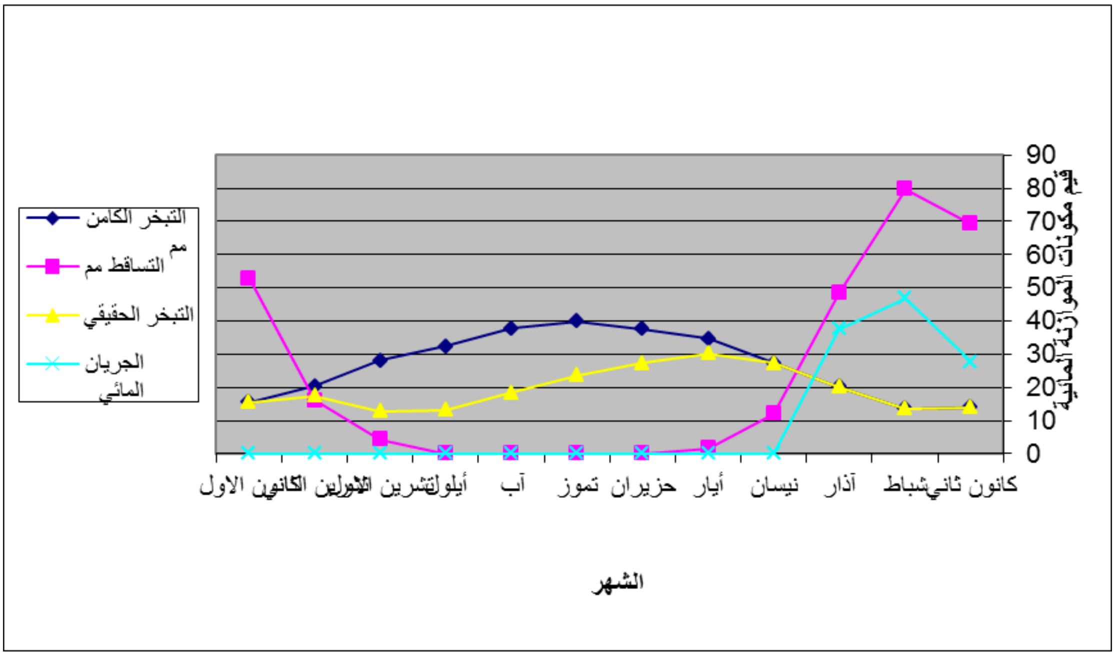
مشاريع الحصاد المائي، وتحديد المواقع الملائمة لتلك المشاريع في حوض وادي الحسا من خلال المناطق التي تمتاز بالجريان السطحي .

نتائج الموازنة المائية في حوض وادي الحسا

عند حساب الموازنة المائية لفترة زمنية طويلة، يعطي ذلك فائدة كبيرة من خلال تقدير رطوبة التربة خلال السنة وبالتالي تحديد للفترات التي تشهد عجز مائي أو فائض مائي وحدوث الجريان السطحي، توضح الإشكال (49 و 50 و 51 و 52) نتائج الموازنة المائية في حوض الحسا للفترة 1980 م – 2010 م، ونلاحظ أن المحطات التي تقع على ارتفاعات عالية كمحطة عابور والمحطات الواقعة في المناطق الشمالية الغربية من الحوض تشهد فائض مائي وحدوث جريان سطحي خلال فصل الشتاء، وخاصة خلال الفترة الممتدة من شهر كانون الثاني ولغاية شهر آذار، أما بقية شهور السنة وخاصة أشهر فصل الصيف فهي شهور عجز مائي لارتفاع معدلات التبخر فيها وزيادة فقدان التربة لرطوبتها وذلك ينطبق على جميع المحطات التي تمثل الحوض وخاصة في أشهر فصل الصيف، وبذلك تعاني المنطقة من عجز مائي خلال السنة وخاصة في أشهر الصيف، ولتحقيق أهداف الدراسة في تقييم الموارد المائية في حوض الحسا تعتبر الموازنة المائية ذات فائدة في تحقيق أهداف الدراسة في تقييم الموارد المائية في حوض وداي الحسا .

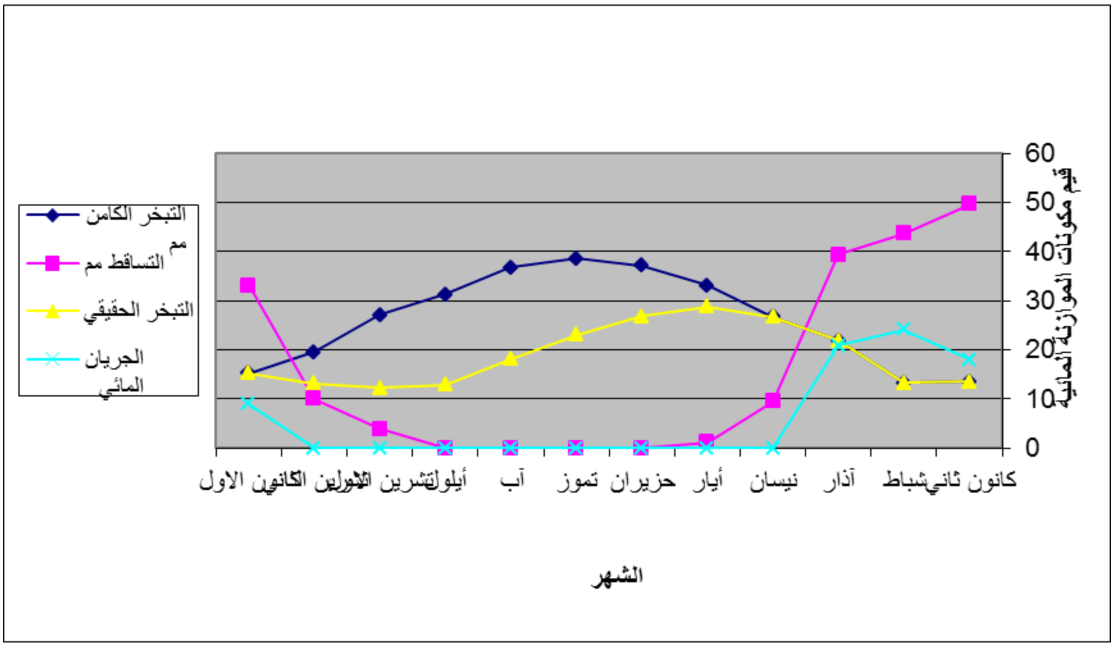
للوقوف على مدى نجاح قيام المشاريع المائية وإنشاء المشاريع الزراعية، لوحظ أن معظم مساحة الحوض تعاني من عجز مائي، فالمناطق التي شهدت فائض مائي وقعت في النطاقات التي يتراوح معدل الأمطار فيها ما بين (100-280 ملم، والتي تمثلت في محطات المزار وعابور، فمحطة المزار التي يزيد الفائض المائي فيها عن (145 ملم) لا تزيد نسبة مساحتها عن (11.74 %) من مساحة الحوض، بينما محطة عابور والتي تراوح الفائض المائي فيها ما بين (17-36 ملم) تشكل ما نسبته (17.47%) من مساحة الحوض .

الأمر الذي ترتب عليه التوسع في الزراعة ضمن تلك المناطق وإمكانية القيام بالمشاريع المائية فيها ، في حين بقية مساحة الحوض الكبيرة فهي أراضي صحراوية قاحلة تتناثر فيها الشجيرات الصحراوية .



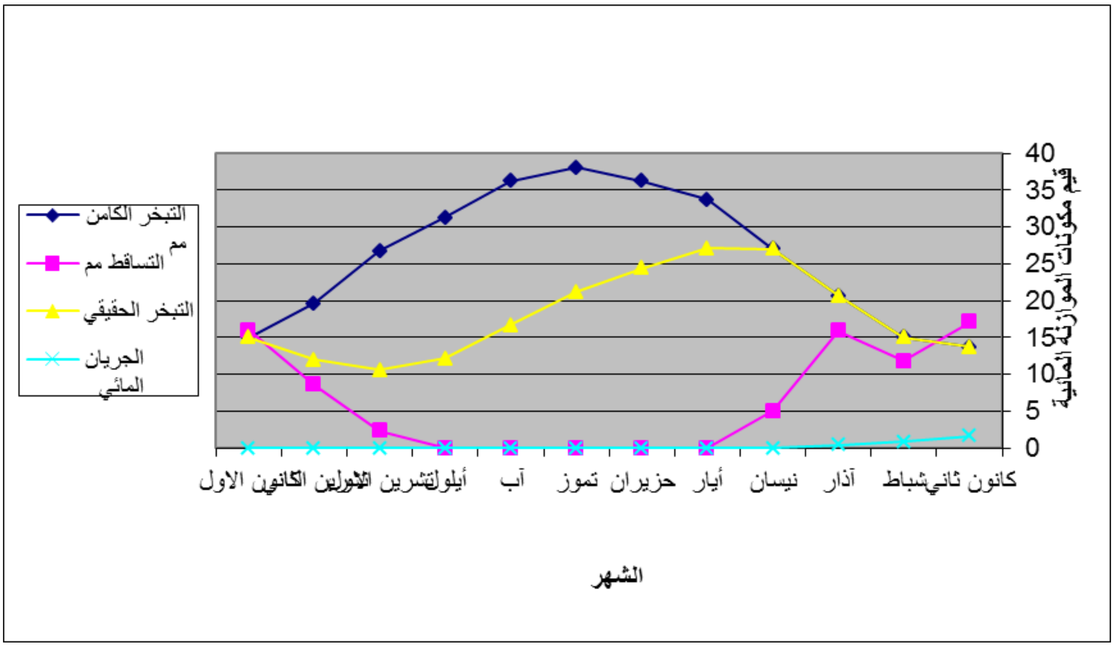
شكل رقم (49)

الموازنة المائية في محطة المزار



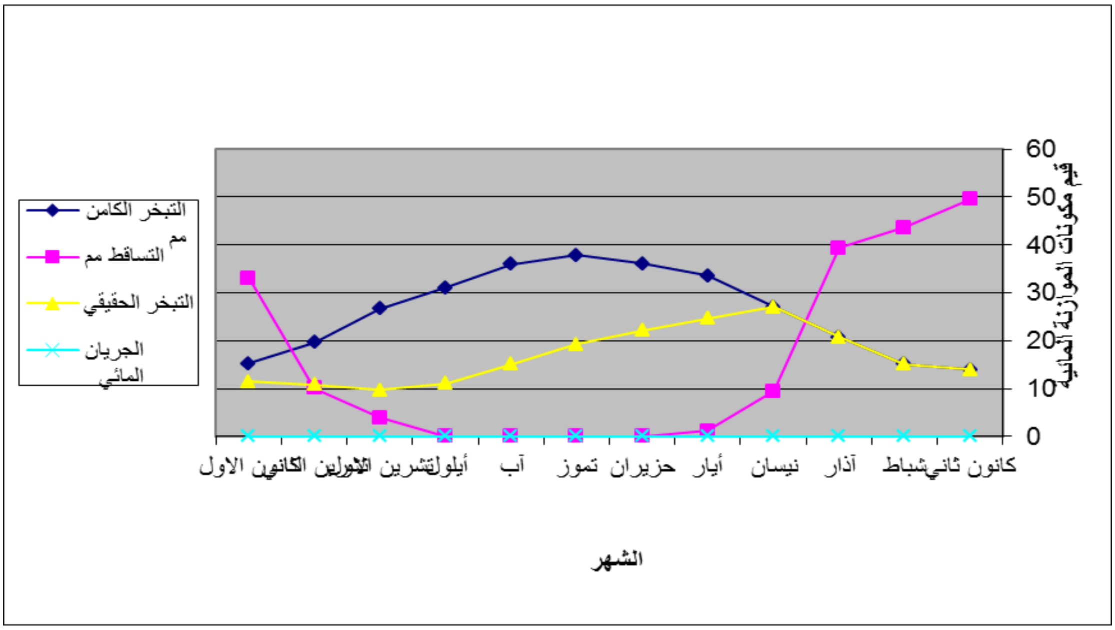
شكل رقم (50)

الموازنة المائية في محطة عابور



شكل رقم (51)

الموازنة المائية في محطة جرف الدراويش



شكل رقم (52)

الموازنة المائية في محطة الحسا

5.1.4 مواقع السدود المقترحة في منطقة الدراسة

إن شُح الموارد المائية تشكل هاجساً يحدُ من تنفيذ الخطط والبرامج المائية الإنمائية والخدمية، ولأهمية الموارد المائية ازدادت الحاجة إليها وخاصةً في الوقت الحاضر إذ أن مستوى استخدام الموارد المائية أصبح معيارا حقيقياً لتحديد مدى تقدم المجتمع وتطوره.

تعد دراسة الأحواض المائية ذات أهمية بالغة لارتباطها بمجالات تنمية المصادر المائية ومشاريعها، لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة ذات الموارد المائية المحدودة، لذا فقد بات علم المياه وإدارة الأحواض المائية أحد أهم المواضيع التي يُعنى بها الإنسان في العصر الراهن ولم تكن هذه العناية اعتباطية إذ أن الدور الذي يؤديه الماء في حياة الإنسان اليومية وبخاصة بعد التقدم الحضاري والاقتصادي والاجتماعي، وازدياد عدد السكان في العالم وزيادة الطلب على الغذاء وما صاحبه من بروز مشكلة في العجز المائي، عزز الأهمية بشكل أكثر مما دفع الباحثين والمهتمين بمجال المياه إلى التفكير الجدي بإدارة وصيانة الأحواض المائية (العلاف،2007).

وبما أن الأودية تشكل الوحدات الأساسية في المناطق الجافة وشبه الجافة فإن تنمية الأحواض المائية واستخدامها على الوجه الأمثل يشكل أحد الحلول الناجحة لتحسين الوضع المائي في تلك المناطق من خلال تقنية حصاد مياه الأمطار بتجميعها في أشكال عدة خلال مدة زمنية معينة ومن ثم استخدامها في أوقات شح المياه، ومن هنا ازدادت الحاجة إلى إقامة المنشآت الهيدروليكية كالسدود والخزانات لغرض تجميع المياه، والاستفادة منها للأغراض المختلفة كالري وتغذية المياه الجوفية والينابيع وغيرها من الاستخدامات والفوائد، ولاشك أن جدوى وكفاءة استخدام الموارد المائية في الأودية يتوقف على دقة المعلومات الهيدرولوجية وعلى المعطيات والمعلومات التي يمكن أن تتوفر عن هذه الأودية الموسمية وخاصة فيما يتعلق بأنظمة الهطول المطري والجريان السطحي والتربة والعلاقة بينهم. (عويس وآخرون،2007)

وبالنسبة لحوض وادي الحسا فتوجد فيه العديد من الأحواض المائية الثانوية المهمة والتي يمكن الاستفادة منها في إقامة مثل تلك المشاريع، ويمكن استخدام مصادر البيانات المشتقة من الخرائط الطبوغرافية والبيانات الفضائية والبيانات الرقمية وبعض الدراسات والبحوث الخاصة بمنطقة البحث لتكوين قاعدة معلوماتية رقمية تستخدم في دراسة الخصائص الهيدرولوجية والمورفومترية لحوض وادي الحسا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS .

ولاقتراح مواقع السدود على الأودية الموجودة في منطقة الدراسة، لحجز المياه بدلاً من فقدانها بالاعتماد على تقنية حصاد المياه لابد من تحليل أهم خصائص الحوض والتي يمكن من خلالها استنتاج سلوك وصفات الحوض الهيدرولوجية اعتمادا على عدة خطوات :

1. إنتاج نموذج الارتفاعات الأرضية (DEM) من الخريطة الطبوغرافية

2. تحليل الخصائص الطبوغرافية للحوض واستخلاص طبقة للأودية في منطقة الدراسة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية، لبناء قاعدة معلومات مكانية، يمكن من خلالها القيام بعملية التحليل واشتقاق لمختلف الظواهر الطبوغرافية على سطح الأرض، التي يتطلب معرفتها في الدراسات الجيومورفولوجية والمورفومترية من نموذج الارتفاعات الارضية، هذه الخصائص هي:

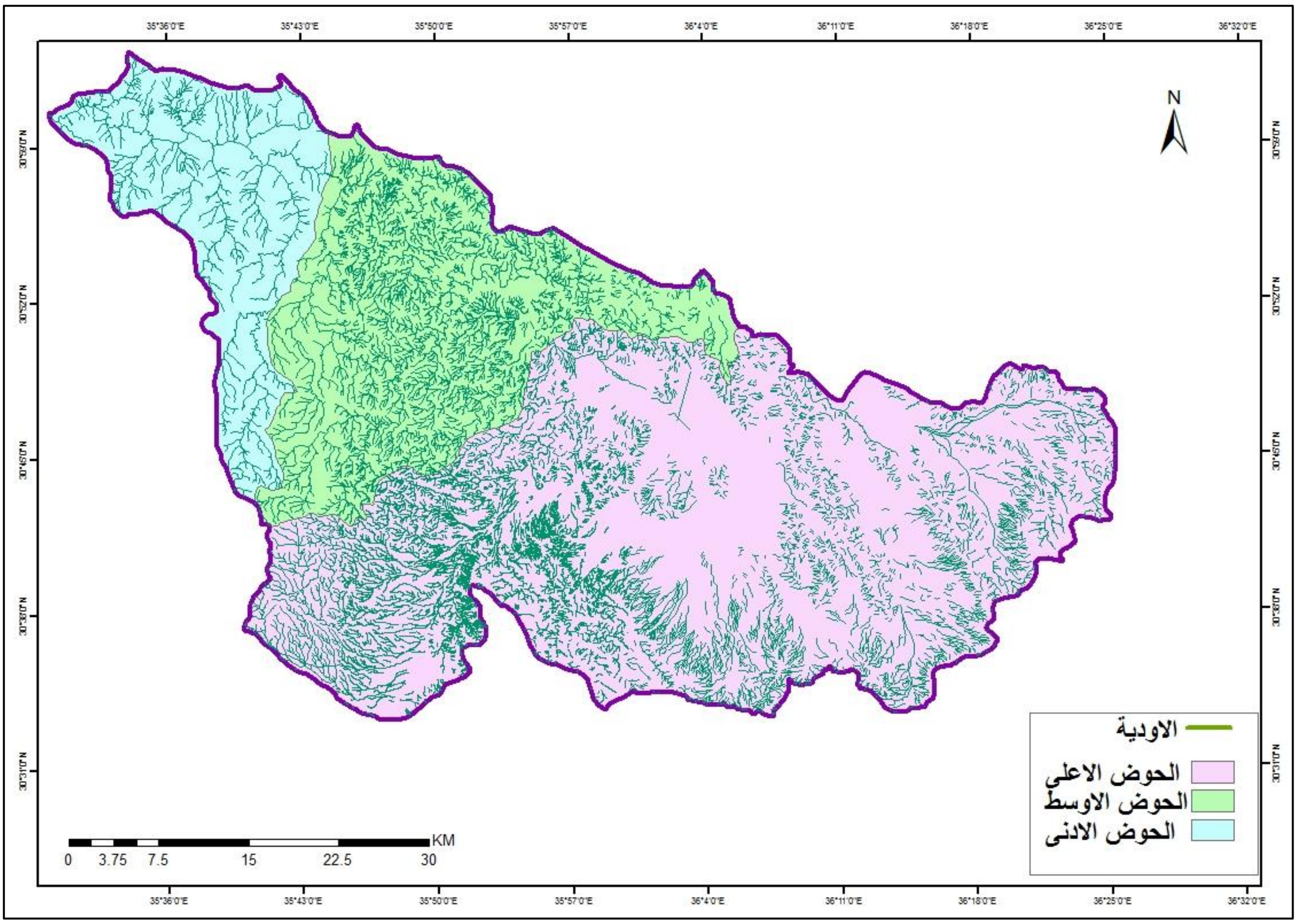
أ- **الانحدار Slope :** يقصد بانحدار الأرض ميل الأرض على خط الأفق . ولحساب الانحدار من نموذج الارتفاع الرقمي ويتم حساب الانحدار بقسمة الفارق في الارتفاع بين كل عنصر صورة وما يجاورها على طول الخط الواصل بين مركز عنصر الصورة، ويفيد الانحدار عند تصميم القنوات وعند اختيار الأماكن المناسبة للتوسع العمراني كما يلعب دورا هاما في تعريف واستخلاص الظواهر الجيومورفولوجية من نماذج الارتفاع الرقمي، وقد توضيح خريطة الانحدار في الفصول السابقة

ب - الاتجاه Aspect : عندما تكون الأرض منحدرة (غير مسطحة) فإنها تواجه أحد الجهات الجغرافية (شمال، شمال شرق،.... الخ)، المربع الذي يختزن في عناصر الصورة قيم تمثل الزاوية الذي يواجهها هذا العنصر في نموذج الارتفاعات الأرضية مقدرة على المقياس الستيني هي مربع الاتجاه، وفي هذا المربع تتراوح قيم العناصر الرقمية بين (0–360) للإشارة إلى الاتجاه الذي تواجهه الأرض، بينما تستخدم القيمة -1 للإشارة إلى الأرض المستوية .وتم الاشارة الى خريطة الاتجاهات في الفصول السابقة .

ج- ظلال الأرض Hill Shades : وتمثل الإضاءة الافتراضية لسطح الأرض نتيجة وجود الشمس على ارتفاع 45، وزاوية سمت 315، وتتراوح قيمته من (0–255)، الصفر لا تواجه نور الشمس بينما 255 تواجه نور الشمس مباشرة، ويعطي ظلال الأرض البيانات مظهر ثلاثي الأبعاد، وتم إنتاج خارطة ظلال الأرض بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الأرضية .

3 .تحليل الخصائص الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة واقتراح مواقع السدود في منطقة الدراسة تحليل الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض هو احد أهم تطبيقات تحليل

الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض يعنى بها مجموعة الخصائص التي تتحكم في حركة الامطار المتساقطة أو المياه السطحية على الأرض وتجميعه في الاحواض المائية والمسيلات المائية والشكل (53) يوضح خريطة توزيع الاودية في حوض وادي الحسا .



الشكل (53)
توزيع الاودية الموجودة في حوض وادي الحسا

ويتم استخدام نموذج الارتفاعات الأرضية لاستخلاص خصائص السطح الهيدرولوجية، ويتم عبر سلسلة من الإجراءات التي تنتهي كل منها بإنتاج خريطة تبين أحد الخصائص الهيدرولوجية، وذلك باستخدام الامتداد Arc Hydro و يتم التعرف على:

1. لتقدير معدل الجريان تم استخدام معادلة(Snyder, 1938) فقد أوضح أن الخاصية المهمة جداً والتي تؤثر على المخطط المائي نتيجة عاصفة مطرية هي زمن تأخير الحوض(Basin Lag Time) ويعرف بأنه الزمن اللازم لجريان قطرة الماء من أبعد نقطة في الحوض إلى نقطة المصب وتتأثر قيمته بشكل مباشر بخصائص الحوض المائي(طول الحوض-شكل الحوض-انحدار الحوض)، ويرمز لزمن تأخير الحوض (t_p) ويمكن حسابه من المعادلة التالية(طه،2005)

$$t_p = 0.74\ C_t\ (L*LC)^{0.3}$$

حيث أن:

t_p: زمن وصول الجريان من المنبع الى المصب(ساعة)

LC:طول الحوض من مركز الحوض إلى نقطة المصب(كم.)

L = طول الحوض(كم.)

c_t : معامل يعتمد على خصائص الحوض وتتراوح قيمته بين(2.2 – 1.8).

وتم استخدام معادلة(Snyder) لتقدير أقصى معدل جريان وكالاتي:

$$Q_p = 2.78\ C_P * (A/t_p)$$

حيث أن:

Q_p: أقصى معدلات جريان(م/1 ثانية.)

C_p: معامل الخزن، وتتراوح قيمته بين(0.56- 0.69)

وقد كانت النتائج كما مبينة في الجدول رقم (46)

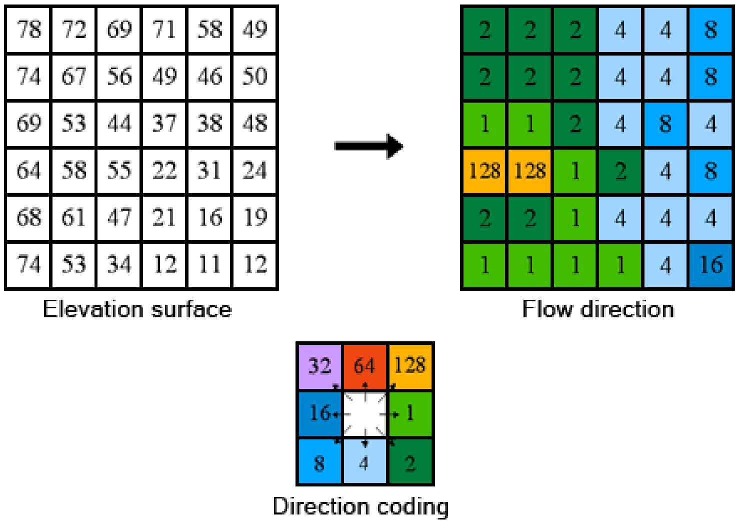
جدول رقم (46)

زمن وصول الجريان من المنبع الى المصب / الساعة واقصى معدل جريان / م/ الثانية

Q_p m^3/sec	C_p	A (km)	t_p (Hr)	c_t	LC (km)	طول الحوض (L) (كم)
223.35	0.6	2506.61	18.72	2	49.41	95.44

2. اتجاه الجريان:(Flow Direction)

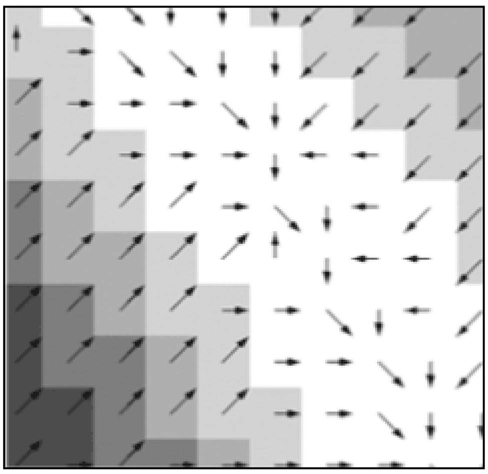
في هذه الخطوة نقوم بتحديد اتجاه الجريان للخلايا على اساس الارتفاع، ويلاحظ في هذه الخطوة أننا نعمل على مستوى الخلية، وليس على مستوى الرافد بمعني أن كل خلية تؤدي إلى خلية مجاورة لها تكون أقل ارتفاعاً منها والملف الناتج عن هذه العملية يكون في صورة خلايا شبكيةRaster ، ويتم تحديد اتجاه اشد الانحدارات من اجل كل خلية، كل خلية تجاورها 8 خلايا، ويقوم نظام المعلومات الجغرافية بتحديد أي الخلايا أكثر انخفاضا بالنسبة للخلية المركزية وبناءً عليه يتم اتجاه الجريان ومفاتيح اتجاه الجريان هي: (1: الشرق، 2: الجنوب الشرقي ، 4: الجنوب، 8: الجنوب الغربي، 16: الغرب، 32: الشمال الغربي، 64: الشمال، 128: الشمال الشرقي) شكل (54)



شكل (54)
اتجاه الجريان والتمثيل الرقمي للاتجاهات

إذا سالت المياه من عنصر الصورة الذي سقطت عليه (عنصر الصورة المركزي في الشكل) إلى عنصر الصورة المجاور لها من أعلى، فان عنصر الصورة المقابل لعنصر الصورة المركزي

في الخريطة الجديدة التي تمثل اتجاهات الجريان سوف تكون قيمته 64، وبهذه الطريقة يتم التعرف على اتجاه الجريان لكل عنصر صورة عن طريق قيمة اتجاه الجريان له في الخريطة الخاصة باتجاه الجريان كما في الشكل (55)

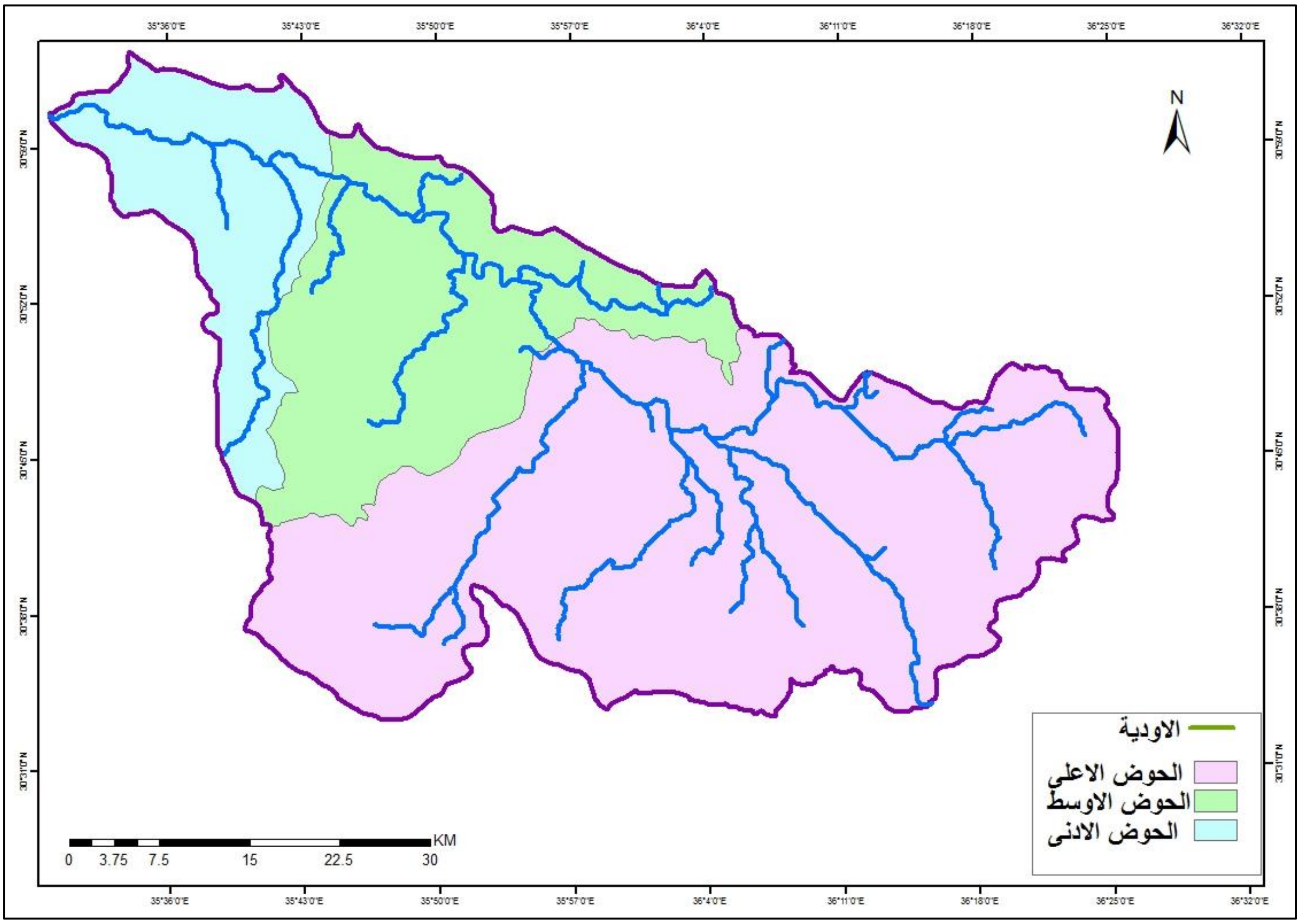


شكل (55)
تراكم الجريان

3 -تحديد مناطق تجمع الجريان :(Flow Accumulation)

في هذه المرحلة تم حساب تجمعات الجريان حيث أن الناتج يكون ملف راستر تحتوي كل خلية على قيمة، هذه القيمة هي عدد الخلايا التي تكون أكثر ارتفاعاً عن هذه الخلية وتصب فيها أي تتجمع فيها المياه الساقطة على هذه الخلايا.والمطلوب في هذه المرحلة إدخال الملف الناتج عن عملية اتجاه الجريان، وبالتالي يتم استخلاص الاودية الموجودة في منطقة الدراسة شكل (56) .

قُسِّم حوض الحسا إلى ثلاثة أحواض رئيسية، و إلى مجموعة من الأحواض الثانوية التي تغذي الحوض الرئيسي بالمياه. لكي يسهل دراسة وتحليل الحوض(تم تحديد انحدار الحوض واتجاه الجريان) بعدها تم دراسة خصائص كل حوض على حده وذلك لغرض اختيار أفضل المواقع ضمن هذه الأحواض لغرض إنشاء السدود عليها لغرض خزن المياه خلال فترات الذروة واستخدامها في فترات الشح.



شكل (56)

الأحواض الرئيسية لحوض وادي الحسا

اختيار مواقع السدود

من اجل اختيار مواقع للسدود في منطقة الدراسة يتم إتباع التالي:

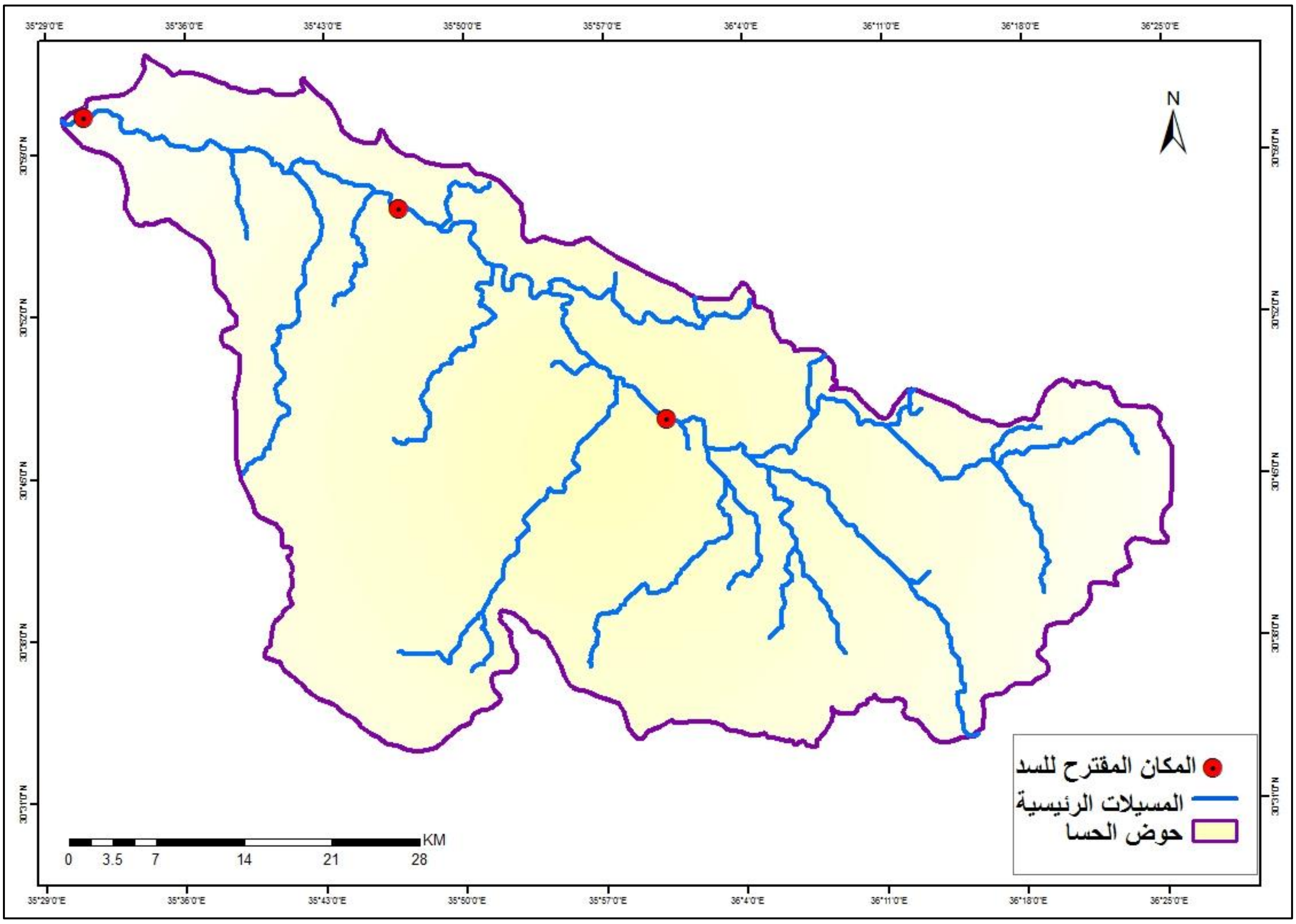
أولاً : إن التصميم الأمثل للسدود (حصاد المياه) يتم من خلال رصد كميات الجريان السنوية التي تجري في الأودية، تعاني المنطقة الجافة من قلة وندرة أجهزة رصد الجريان السطحي . تعتبر معدلات تساقط الأمطار من أكثر الموارد الطبيعية أهمية في البيئات الجافة وشبه الجافة . وبالاعتماد على اربع محطات مطرية مثلت ،منطقة الدراسة تم اختيار أعلى كمية أمطار خلال احد أشهر السنة، كما تم شرحها في الفصول السابقة .

ثانيا -: تحتاج هذه المرحلة إلى دمج طبقة الأودية المستخرجة مع خريطة حوض التغذية كما في الشكل(خريطة كل الاودية)

وبعد استخراج أحواض التجميع (Sinks) حيث إنها مرتبطة بالأماكن التي يمكن أن يقام عليها السدود أو السد ويعتبر شرط لتحديد الموقع لكن شرط غير كافي، فالموقع يجب أن يكون حوض تجميع لكن ليس كل حوض تجميع يعتبر مكان مختار وللوصول للغاية من تحديد مواقع السدود تم استخدام برمجية GIS، لعمل النموذج الهيدرولوجي وذلك من خلال الربط بين خصائص الحوض كخرائط رقمية والخصائص المورفومترية له ثم يتم تحديد المواقع المقترحة لإقامة السدود في منطقة البحث.

وبعد دراسة عدة مقاطع على الأحواض الثانوية والحوض الرئيسي فقد وجد بأن المقاطع على الأحواض الثانوية إما غير ملائمة طوبوغرافياً، لإنشاء سدود فيها أو أنَّ كميه التخزين تكون قليله منها غير مجدية، وجد أن أفضل الموقع لإنشاء سدود فيه يقع على المجرى الرئيسي للوادي حيث أن هنالك أكثر من مقطع يوفر أعلى خزين وبأقل مساحة سطحية، مما يقلل من كميات التبخر وهي من المعايير المهمة في اختيار مواقع لبعض السدود الصغيرة لإعاقة الجريان المائي السطحي وتجميع المياه في فصل التساقط المطري، لغرض الاستفادة منها في أوقات الشح لمختلف الأغراض من قبل سكان المناطق والقرى القريبة.

وهنالك تم تحديد ثلاثة مواقع يمكن إقامة عليها سد باعتبارها أفضل المواقع من النواحي الطوبوغرافية، والهندسية والاقتصادية، والهيدرولوجية، حيث أن المواقع في منطقة منخفضة نسبياً مما يساعد في تجمع المياه لذلك فقد تم اختيارها لتكون مواقع للسدود المقترح إنشاؤها شكل (57) .



الشكل (57)
المواقع المقترحة لإنشاء السدود

6.1.4 نوعية المياه

يقصد بنوعية المياه التركيب الكيميائي والفيزيائي والبيولوجي للمياه الناجم عن تحلّل العناصر والغازات الموجودة في الغلاف الجوي ونواتج عمليات الحتّ والتعرية والترسيب للصخور والتربة، إضافة إلى النشاطات البشرية الناتجة عن استخدام الأرض

فالعناصر المناخية تلعب دوراً هاماً في تحديد الخصائص الكيميائية للمياه من خلال عملية التعرية الكيميائية والميكانيكية للصخور ورسوبيات حوض النهر نتيجة تعرّضها لمجموعة من العوامل الطبيعية مثل الرياح والأمطار والحرارة، فمياه الأمطار ليست نقية تماماً تحوي نسباً قليلة من الغازات والمواد العالقة ، فعند تفاعلها مع مكونات سطح الأرض ينتج عنها العديد من الفلزات والأملاح، وعند تسرب مياه الأمطار إلى داخل التربة تساعد أيضاً في تحلّل مختلف الصخور، إضافة إلى أنها تؤدي لتركيز الأملاح فيها وتحلّل العديد من الأملاح والعناصر أثناء جريانها وتعرّضها للملوثات أثناء جريانها عبر الأودية المكشوفة .

والحمولة النهرية تعتمد على سرعة التيار النهري ودرجة انحدارها، وكمية التصريف النهري وحجم الحبيبات للمواد وتقسّم هذه الحمولة النهرية إلى نوعين: الحمولة الذائبة ويقصد بها: المواد الذائبة المنقولة بواسطة النهر خلال فترة زمنية معينة.

أمّا بالنسبة للنوع الثاني فهو الحمولة العالقة Suspended Load وهي تلك الحمولة التي تتكون معظمها من المواد الدقيقة العالقة بالمياه الجارية ، وبداية ترفع هذه المواد من القاع بالدفع الهيدروليكي (المائي) أو تأتي من المياه الجارية من الضفاف ويكون الجريان المائي جرياناً صفيحياً Laminar Typeوتتمكن الحركات الدوامية من تعويم الحبيبات الدقيقة ، التي تبقى معلقه في المياه أثناء جريانها تجاه المصب . كما يمكن القول بأن الجريان المضطرب ليس السبب الوحيد في الحمولة العالقة ، لأن بعضا من المواد الصلصالية الدقيقة تترسب بمعدل منخفض حيث أنّ أقل حركة للمياه الجارية كافيه لإبقائها عالقة(المحمود، 2009).

ومن المعروف أن المياه تختلف في محتواها الكيميائي، فمياه الأمطار تحتوي على مواد ناجمة عن تحلّل الغازات والمواد العالقة في الجو بتركيز قليل لكنه يأخذ بالازدياد عند ملامسته للسطح وتعرضه للتبخر، ويلعب تحلّل الفلزات والأملاح دوراً في زيادة التركيز الكيميائي للمياه السطحية (حرزالله، 1966)، أمَّا بالنسبة للمياه المتسربة إلى المياه الجوفية والتي تترشح عن طريق التربة فإنها غالباً ما تكون غنية بغاز ثاني أكسيد الكربون (Co2) من الغلاف الجوي مما يساعد على تحلل مختلف أنواع الصخور عن طريق عمليتي الإذابة والتحلل ، إضافة إلى الأملاح كملح الطعام والجبص وفلزات أخرى تتحلّل في الماء وتساعد على تغيير الخصائص الكيميائية للمياه (دعبس، 1994).

تختلف الخصائص الكيميائية للمياه من مصدر مائي لآخر ومن طبقة مائية لأخرى، وبناءً على ذلك فإنّ دراسة تقسيم المياه سواء أكانت جرياناً سطحياً أم مياهاً جوفية وينابيع يعتمد على خاصية التركيب الكيميائي ، الأمر الذي يؤدي إلى معرفة تحديد وتأثير الاستخدامات المائية المختلفة سواء للاستخدام المنزلي أو الزراعي أو الصناعي

وفي هذه الدراسة قام الباحث بتقييم التحليل الكيميائي لعينات من المياه لبعض الينابيع في الحوض، إضافة إلى عينة من مياه المجرى لوادي الحسا، ودراسة الوضع الكيميائي لهذه العينات وقد اعتمدت هذه التحاليل على معرفة نسب بعض العناصر الكيميائية مثل نسبة الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم ودرجة الحموضة وغيرها لأهميتها في تحديد مدى ملاءمتها للاستخدامات المختلفة، ويوضح الجدول رقم (47) نتائج التحليل الكيميائي للمياه في حوض الحسا .

جدول رقم (47)

نتائج التحليل الكيميائي للمياه في حوض الحسا

العينة	فرح		الحسا تنور		وادي الحسا		مغزيل الكبيرا		اليهودية الكبيرا		بير الحرير		عفرا		موصلا التحتا		ارحاب	
العناصر	مغلم/لتر	مليمكافئ/لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/ لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/لتر	مغلم /لتر	مليمكافئ/لتر
الكالسيوم	59،8	2.98	85	4.2	80	3.98	146	7.27	61.4	3.06	82	4.08	97	4.8	71	3.54	68	3.38
درجة الحموضة	7،9		8،2		7،6		7،7		7.6		7.9		7.8		7.8		7.7	
المغنيسيوم	36،3	1.49	50	2.057	47	1.9	88	3.62	42.4	1.7	37.1	1.53	86.7	3.56	44.2	1.82	39.4	1.6
الصوديوم	31	1.34	29	1.25	37	1.59	33	1.4	76	3.28	37	1.59	114	4.9	46	1.98	40	1.7
كلوريد	30	0.85	47	1.3	48	1.35	150	4.2	48	1.35	41	1.16	143	4.03	93	2.6	34	0.95
بايكربونات	285	4.7	354	5.89	196	3.26	278	4.6	340	5.66	321	5.3	379	6.3	278	4.6	297	4.9
كبريتات	0،075	0.0016	6،4	0.13	41	0.85	0.8	0.0167	7.1	0.15	6.3	0.13	46	0.96	3.8	0.08	9.4	0.19
نترات	4.8	0.077	5	0.08	7.2	1.12	6.3	0.1	5.7	0.09	7.9	0.13	6	0.097	5.8	0.09	5.3	0.09
أيونات موجبة		6.1		5.3		4.6		5.7		5.1		5		5.6		4.8		4.7
أيونات سالبة		5.78		5.6		5.1		6.3		5.28		5.3		6.4		5.6		4.3
الايصالية الكهربائية (ميكرو سنتمتر/سم)	486		513		474		521		356		418		372		324		294	
البوتاسيوم	2.7	0.069	2	0.05	3.1	0.079	2.1	0.05	2.9	0.07	3.7	0.09	12.8	0.35	3.1	0.05	3.4	0.087

المصدر: عمل الباحث

- **معايير نوعية المياه للاستخدامات المختلفة**

تعتمد معايير نوعية المياه على نوع الاستخدامات المختلفة للمياه، فاستخدام المياه للشرب تتطلب معايير ومقاييس تختلف عن معاير المياه التي تستخدم لأغراض الري، أو للأغراض الصناعية، من حيث نسبة العناصر الكيميائية، ونسبة الأملاح المذابة ونسبة النيترات .

وتختلف هذه النسب من بلد لآخر ومن مكان لآخر، غير أنّه في حالة عدم وجود مصادر مائية أكثر ملاءمة يتم التراجع عن هذه المقاييس شريطة ألا يكون الماء ملوثاً بمواد عضوية .

تقييم نوعية المياه لأغراض الشرب والأغراض المنزلية .

يتم تحديد صلاحية المياه للشرب أو للاستعمالات المختلفة بناءً على الخواص الفيزيائية للمياه مثل الشفافية، والرائحة، والطعم، ودرجة الحرارة، فالماء الطبيعي يكون عكراً ويرجع السبب في العكورة إلى الجسيمات والدقائق المعدنية، والعضوية المعلّقة، في حين أن شفافية الماء لا تحتوي على دقائق معلّقة وشوائب (دعبس، 1994).

أمّا بالنسبة للشوائب فقد تصل إلى النبع بسبب تسرب المياه السطحية إلى الطبقة الحاملة للمياه التي تكون محمّلة بكميات كبيرة من الدقائق المعدنية، والعضوية، في هذا المجال قام الباحث بمقارنة التحاليل المخبرية للمحتوى الكيميائي لعينات المياه من جريان الأساس ومياه الينابيع في الجدول رقم (47) ودرجة صلاحيتها للاستعمالات المنزلية والشرب مع المعايير الأردنية والمعايير التي تعتمد عليها منظمة الصحة العالمية جدول رقم (48) من خلال تركيز العناصر الذائبة بالماء .

جدول رقم (48)

المواصفات الأردنية لعام 1988م للمحتوى الكيميائي للمياه

العناصر	المواصفات الاردنية (ملغم / لتر)
الكالسيوم	200-75
درجة الحموضة	9-6.5
المغنيسيوم	150-50
الصوديوم	175
كلوريد	500-200
بايكربونات	-
كبريتات	500-200
نترات	45
أيونات موجبة	-
أيونات سالبة	-
الايصالية الكهربائية (ميكرو سنتمتر/سم)	1500-400
البوتاسيوم	12

المصدر: Yusuf.1991

وبناءً على تصنيف (سوبر وميك كارتي، 1967) في الجدول رقم (49) من حيث عسورة المياه ويقصد بها خاصية المياه التي يسببها وجود أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم، التي تعدّ من أكثر

الأيونات المتوافرة في الماء، ويتصف الماء العسر أنه سيء الرغاوة، ويشكّل أيضاً طبقة كلسية في الأواني المنزلية، وأنابيب الماء، ومن خلال التحاليل الكيميائية لعينات المياه في الجدول رقم (47) فقد تم تحديد عسورة الماء. حيث يتم تحديد درجة عسورة الماء بناءً على نسبة عنصري الكالسيوم والمغنيسوم وهما أكثر الأيونات تواجداً في الماء. (الزيود ،2001).

جدول رقم (49)
تصنيف عسرة المياه بناءً على التصنيف الامريكي

العسورة	الدرجة أو النوع
صفر – 17.1	خالية من العسورة
60-17.1	مياه خفيفة العسورة
120-60	مياه متوسطة العسورة
180-120	مياه عسرة
اكثر من 180	مياه عسرة جداً

المصدر: (USDA,2011)

ويوضح الجدول رقم (50) تصنيف المياه للعينات المأخوذة من عدد من الينابيع وجريان الأساس في حوض وادي الحسا حسب عسورتها، ويتضح من الجدول بأن المياه في الحوض غير صالحة للاستخدامات المنزلية ولغايات الشرب، حيث أنها تتصف بعسورتها الشديدة عدا مياه نبع فرح الذي يتصف بعسورته، في حين إنَّ باقي العينات هي عسرة جدا وهذا يعني أنها غير مناسبة للاستخدامات المنزلية ولأغراض الري بناء على تصنيف سوبر وميك للمياه بناء على عسورتها .

جدول رقم (50)
تصنيف المياه في حوض الحسا بناءً على عسورتها

العينة	العسورة	الدرجة أو النوع
فرح	298.33	مياه عسرة
الحسا تنور	417.5	مياه عسرة جدا
وادي الحسا	392.7	مياه عسرة جدا
مغزيل الكبيرا	725.8	مياه عسرة جدا
اليهودية الكبيرا	327.34	مياه عسرة جدا
بير الحرير	357.11	مياه عسرة جدا
عفرا	597.97	مياه عسرة جدا
موصلا التحتا	358.72	مياه عسرة جدا
ارحاب	331.54	مياه عسرة جدا

المصدر : عمل الباحث

تقييم نوعية المياه للأغراض الزراعية

تكمن أهمية دراسة نوعية المياه للأغراض الزراعية في أنها تحدّد كون هذه المياه صالحة لري المزروعات وإيجاد حلول لمشكلة تكوّن أتربة ملحية، أو قلوية، علاوة على ذلك فإن نوعية المياه تعطي مؤشراً على مدى تسبب هذه المياه بتسمم النباتات والمحاصيل الزراعية عند الري (الأعوج، 1994) .

ولأهمية تحديد مدى ملاءمة المياه لري المزروعات والمحاصيل - وخاصة أن نوع المحصول يحدد الخواص الطبيعية للمياه - فلا بد من إجراء التحاليل الكيميائية المخبرية للمياه ومصادرها للتأكد من صلاحية المياه في منطقة الدراسة لتلافي مشاكل التلوث وتقليل الأضرار الناتجة عن استعمال المياه للري بمواصفات وشروط غير صحيحة (طعاني، 1997) .

ومن الأسس والمعايير الهامة في تقييم نوعية المياه وصلاحيتها للري، معرفة نسبة تركيز ايون الصدويوم إلى تركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم .

نسبة امتصاص الصوديوم (SAR)

تكمن أهمية تحديد نسبة إدمصاص الصوديوم إلى مدى فاعلية أيونات الصوديوم في محلول التربة ومدى خطورة الصوديوم لمياه الري، ويعني مفهوم (SAR) تركيز أيون الصوديوم إلى تركيز أيونات الكالسيوم والمغنسيسوم في مياه الري (Yusuf, 1991) .

ويتم التعبير عن تركز كل من الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم (بالملمكافئ /لتر) ويبين الجدول رقم (52) التصنيف العالمي للمياه الري على أساس نسبة ادمصاص الصوديوم .

جدول رقم (51)
التصنيف العالمي لمياه الري على أساس نسبة SAR

تصنيف العالمي بناءً على نسبة SAR	قيم SAR
ضعيفة	9−1
متوسطة	17−10
عالية	25−18
عالية جداً	اكبر من 25

المصدر: Bauder,2013

ويظهر الجدول رقم (52) تصنيف مياه الينابيع المختارة لأغراض الري على أساس نسبة امتصاص الصوديوم .

جدول رقم (52)
تصنيف مياه ينابيع حوض وادي الحسا والمياه الجارية على أساس نسبة امتصاص الصوديوم

العينة	SAR	الايصالية الكهربائية (ميكرو سنتمتر/سم)	التصنيف
فرح	0.33	486	صالحة للري
الحسا تنور	0.26	513	صالحة للري
وادي الحسا	0.35	474	صالحة للري
مغزيل الكبيرا	0.22	521	صالحة للري
اليهودية الكبيرا	0.77	356	صالحة للري
بير الحرير	0.35	418	صالحة للري
عفرا	0.91	372	صالحة للري
موصلا التحتا	0.44	324	صالحة للري
ارحاب	0.40	294	صالحة للري

المصدر : عمل الباحث

ويعدّ تصنيف مياه الري بناءً على خطورة الصوديوم أكثر تعقيداً من تصنيفه على أساس نسبة الملوحة، كونه يعتمد على معرفة مدى امتصاص التربة للصوديوم من مياه الري، وما هو معدل الامتصاص الحاصل عند إضافة الماء.

ولأهمية امتصاص الصوديوم على نفاذية التربة إضافة إلى أن الزيادة درجة امتصاص التربة للصوديوم يعمل على زيادة الرقم الهيدروجيني (PH) للتربة فتصبح التربة قلوية.

وبناء على نتائج التحاليل المخبرية للعينات الممثلة لينابيع الحوض ومياه الجريان الأساس في الجدول رقم (47)، التي اشتملت على نسبة الرقم الهيدروجيني (pH) وكمية الأملاح الذائبة (جزء بالمليون) ونسبة الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، وبذلك فان معظم مياه الينابيع تقع ضمن المواصفات العالمية وخاصة تصنيفات وزارة الزراعة الأمريكية، التي صنفت مياه الري بناء على نسبة (SAR) ونسبة الأملاح الذائبة إلى مياه عالية الخطورة، ومياه ضعيفة الخطورة على التربة، حيث إن العينات التي تتراوح ملوحتها بين (250-750) جزء بالمليون مع نسبة صوديوم تعتبر من النوع ضعيف الخطورة وجيد من حيث استعماله للري لجميع أنواع الترب والمحاصيل، في حين إنَّ العينات التي تراوحت فيها كمية الملوحة (750-2250) جزء بالمليون هي مياه غير صالحة نسبيا لري الترب والمحاصيل الزراعية .

وبناء على ذلك فان معظم مياه ينابيع حوض وادي الحسا تقع ضمن المواصفات العالمية، وهي مياه صالحة للري حسب تصنيفات وزارة الزراعة الأمريكية .

نسبة الصوديوم

تعود أهمية تحديد تركيز نسبة الصوديوم في الماء إلى تصنيف المياه للري لما له من تأثيرات على نفاذية التربة، حيث إنّ زيادة تركيز الصوديوم في الماء المستخدم للري يعمل على تقليل نفاذية التربة ويمكن تحديد نسبة الصوديوم في الماء (الزيود، 2001) .

ويوضّح الجدول رقم (53) تصنيف مياه الينابيع المختارة في الحوض ومياه الجريان الأساس على أساس نسبة الصوديوم .

وبناءً على تصنيف (Todd,1980) جدول (54)، فقد تبيّن أنّ نسبة الصوديوم في المياه تراوحت بين (0.11-0.40) وتبعاً لذلك فإنّ مياه الحوض صالحة للاستخدام الزراعي، حيث إنّ قيم نسبة الصوديوم مسموح بها عالمياً لأغراض الري.

جدول رقم (53)
تصنيف مياه الري في حوض وادي الحسا على أساس نسبة الصوديوم

مصدر المياه	الصنف أو النوع	نسبة الصوديوم	الايصالية الكهربائية (ميكرو سنتمتر/سم)
فرح	جيدة	0.23	486
الحسا تنور	جيدة	0.17	583
وادي الحسا	جيدة	0.21	474
مغزيل الكبيرا	ممتازة	0.11	644
اليهودية الكبيرا	جيدة	0.40	356
بير الحرير	جيدة	0.22	418
عفرا	جيدة	0.36	372
موصلا التحتا	جيدة	0.27	324
ارحاب	جيدة	0.25	294

جدول رقم (54)
التصنيف العالمي لمياه الري على أساس نسبة الصوديوم

النوع أو الصنف	نسبة الصوديوم	الملوحة مغلم/لتر تصنيف **Todd،1980**	الملوحة مغلم/لتر تصنيف، **Fipps**،2003
ممتازة	أقل من 20%	أقل من 390	اكبر من 175
جيدة	20 %– 40%	1170 – 390	525 –175
مسموح بها	40 %– 60%	3120 – 1170	1400–525
مشكوك فيها	60%– 80%	4680 – 3120	2100–1400
غير ملائمة	أكثر من 80%	أكبر من 4680	اقل من 2100

وبناءً على التصنيفات السابقة تصلح المياه لأغراض الصناعة والزراعة .

الفصل الخامس

1.5 استثمار واستغلال المياه في حوض وادي الحسا

يعاني الأردن من نقص حاد في الموارد المائية، ولقد أصبحت مشكلة المياه في الأردن مصدراً من مصادر التهديد لها، وترتبط هذه المشكلة مع تزايد عدد السكان، حيث يزداد الطلب الفعلي على المياه الذي يعكس بدوره واقع الطلب على المياه، وفي ظل محدودية الموارد المائية فإن السياسة المائية المتكاملة التي تهدف إلى المحافظة على المصادر المائية المحدودة تعد واجباً وطنياً، كما أن نقص المياه في الأردن له أهمية كبرى خاصة في المناطق التي تتزايد سكانياً وتنمو حضارياً (المناصير،2012) .

إن الطلب المتزايد على المياه، بسبب التوسع في المشاريع الزراعية والزيادة السكانية أدّى إلى زيادة استهلاك المياه، وهذا يتطلب إجراء دراسات موسّعة للبحث عن مصادر مائية جديدة وتنمية المصادر المائية المحدودة. ويوضح الجدول رقم (55) كمية الطلب على المياه في الأردن والنقص للفترة 1990– 2005 م

جدول (55)

كمية الطلب على المياه والعجز م. م^3 في الأردن للفترة 2012م-2020م

النسبة	2012	2013	2014	2015	2020
الطلب	1213	1213	1243	1266	1384
المصادر	849	901	1098	1110	1130
العجز	364	312	145	156	254
نسبة النقص	%30	%26	%12	%12	%18

المصدر: سلطة المياه، وزارة المياه والري، 2015م

يتضح من الجدول النقص الحاد في مصادر المياه والطلب المتزايد على المياه ومدى الحاجة إلى البحث عن مصادر مائية جديدة إضافةً إلى مدى أهمية تطبيق سياسة ترشيد استهلاك المياه وتوعية المجتمع المحلي في الأردن .

1.1.5 المشاريع المائية في حوض وادي الحسا

لا يلبي قطاع المياه في الأردن كل الاحتياجات المائية لغايات (الشرب والري والصناعة)، والعجز المائي يزداد سنة بعد أخرى، وذلك لزيادة الطلب واستنزاف المياه الجوفية، ويعد الأردن من أفقر أربع دول في العالم في قطاع المياه، و يصل معدل نصيب الفرد في عام 2013م إلى

(154 / لتر / اليوم) في عام ، في حين أن المعدل العالمي السنوي للفرد يبلغ (1000 م^3) (وزارة المياه والري، 2015) .

ولذلك لا بد من سد العجز من خلال الحصول على مصادر مياه جديدة من خلال حجز مياه الفيضانات و إدارة استعمالاتها بإنشاء المشاريع والسدود التي تعتبر بمثابة منشآت تستخدم في تجميع مياه الجريان السطحي لغايات تخزين المياه في فترة الفيضانات واستخدامها في الاحتياجات المائية المختلفة وقت الحاجة.

السدود المقامة في حوض وادي الحسا

يقوم الأردن منذ الستينات من القرن الماضي بإنشاء السدود على الأودية لاستخدامها في تجميع مياه الجريان السطحي لغايات تخزين المياه في فترة الفيضانات واستخدامها في الاحتياجات المائية المختلفة، المنزلية والصناعية وسقاية الماشية والتقليل من الضخ الجائر للمياه الجوفية.

سد التنور

أنشئ عام 1999 م إلى الشمال من محافظة الطفيلة بحوالي 35كم وعلى بعد 30كم إلى الشرق من البحر الميت، وعلى بعد 50كم جنوب مدينة الكرك، حيث أقيم على مجرى وادي الحسا الممتد لأكثر من 40 كم ليصل إلى البحر الميت (ALKusi,005)، حيث بوشر العمل في السد في عام 1999 حتى نهاية عام 2001 وجرب لأول مرة للتخزين فيه عام 2003 م بطاقة تخزينية بلغت ثلاثة ملايين متر مكعب من المياه (وزارة المياه والري، 2004) .

يقع سد التنور عند التقاء وادي جاعص بوادي الحسا في الجزء الغربي من وادي الحسا غرب قرية العينا، ويقع السد في وادي ضيق على شكل حرف (V) على أراضٍ ذات نشاط زلزالي، إضافة إلى ذلك فإنَّ جوانب الوادي ذات انحدارات أكثر من (30˚) ويصل ارتفاعها لأكثر من (60م) على سرير الوادي الذي يشكّل تكوين ناعور (Bender, 1974).

ويهدف المشروع السد إلى إنشاء سد خرساني بارتفاع (60 م) وبسعة تخزينية (8.16) مليون م^3 على وادي الحسا، وبلغت كلفة السد حوالي(3.23) مليون دينار. ويستفاد من مياه السد حالياً في ري بعض الأراضي الزراعية في الأغوار الجنوبية ويستخدم في ري حوالي 7500 دونم جنوب وادي الحسا، كما يستفاد منها للأغراض الصناعية في شركة البوتاس العربية. وهناك إمكانية في استغلال جوانب السد لإقامة منتجع سياحي يجذب الزائرين إليه بسبب جمال المنطقة الطبيعي .وأشار بعض المزارعين في المنطقة إلى إمكانية زراعة محاصيل حقلية شتوية وأنواع من المزروعات كالجوافة والموز والحمضيات، علاوة على إمكانية استغلال جزء من مياهه في

توسيع رقعة المراعي الاصطناعية وتعزيز قدرات المراعي الطبيعية، وزراعة أنواع من المحاصيل الرعوية والأعلاف (سلطة وادي الأردن، 2013) .

كما أشار المزارعون إلى اختفاء أغلب الينابيع في الطفيلة نتيجة سنوات الجفاف العديدة التي مرت بها لدرجة بقاء أقل من (40) نبعاً مائياً من أصل (365) نبعاً كانت قبل نحو (40) عاماً، ويوضح الجدول رقم (56) المخزون المائي وكمية المياه المسحوبة من سد التنور من عام 2003 ولغاية عام 2013.

جدول(56)

المخزون المائي وكمية المياه المسحوبة من سد التنور م. م^3/ السنة

السنة	السعة التخزينية	كمية المياه الداخلة	كمية المياه المسحوبة
2003	4.97	0.070	2.484
2004	4.96	1.344	1.130
2005	5.65	1.282	1.136
2006	1.8	5.848	1.279
2007	3.17	4.315	1.467
2008	2.98	0.722	1.595
2009	3.04	2.381	1.633
2010	3.8	4.29	3.61
2011	2.94	2.45	4.96
2012	1.62	2.13	4.99
2013	2.35	9.78	4.72
المجموع		34.61	29

المصدر : سلطة وادي الأردن، 2013

ويتضح أن كمية المياه المسحوبة من السد من عام 2003 إلى عام 2013م، بلغت حوالي 30,8 م م^3 لسد احتياجات السكان لأغراض الري والصناعة، وقد بلغت أعلى كمية مسحوبة من السد عام 2011م حوالي 5,52 م م^3، في حين بلغت أقل كمية مسحوبة من السد عام 2004م حوالي 1.13 م م^3 .

جدول(57)

كمية المياه الداخلة إلى سد التنور م م^3/الشهر

الشهر	2010	2011	2012	2013
كانون أول	1.5	0	0.97	6.7
شباط	2.7	2.4	0.8	3.1
آذار	0.086	0.022	0.21	0
نيسان	0	0	0.07	0
أيار	0	0	0.03	0
حزيران	0	0	0.03	0
تشرين أول	0	0	0	0
تشرين ثاني	0	0	0.02	
كانون ثاني	0	0.03	0	

المصدر : سلطة وادي الأردن، 2013

من الملاحظ أنَّ المياه تغذي السد فقط في أشهر سقوط الأمطار، بينما باقي أشهر السنة لا يدخل السد أي كمية من المياه، وكانت اقل كمية داخلة إلى السد في عام 2011م، بينما كانت اكبر كميه تدخل إلى السد في عام 2013م، تركزت في شهري كانون الثاني وشباط.

جدول(58)
كمية المياه المسحوبة من سد التنور م م^3/ الشهر

الشهر	2010	2011	2012	2013
كانون أول	0.13	0.46	0.40	0.65
شباط	0.13	0.12	0.30	0.14
آذار	0.23	0.35	0.26	0.44
نيسان	0.35	0.35	0.52	0.72
أيار	0.33	0.41	0.36	0.89
حزيران	0.24	0.40	0.68	0.52
تموز	0.24	0.17	0.32	0.45
آب	0.27	0.48	0.75	0.56
أيلول	0.59	0.72	0.80	0.33
تشرين أول	0.53	0.79	0.42	0.02
تشرين ثاني	0.57	0.71	0.18	–
كانون ثاني	0.68	0.56	0.52	–

المصدر : سلطة وادي الأردن، 2013

ويلاحظ من الجدول أن اقل كمية مياه مسحوبة من السد كانت في عام 2010م وبالتحديد في شهري كانون الثاني وشباط وهما الشهران اللذان تتركز فيهما سقوط الأمطار يليه عام 2013م، بينا يلاحظ أن معظم الكميات المسحوبة كانت في أشهر الصيف لتغطي احتياجات السكان لأغراض الري .

سد شيظم

في أعقاب الفيضانات التي اجتاحت محافظة الطفيلة في مطلع التسعينات من القرن الماضي طالبت مجموعة من مزارعي المحافظة بإنشاء سدود في المحافظة التي تتصف بطبوغرافية مناسبة ومن ضمن الاقتراحات إنشاء سد في منطقة شيظم التي اشتهرت ولحقبة طويلة بزراعة أجود أصناف الخضار والفواكه الشفا غورية.

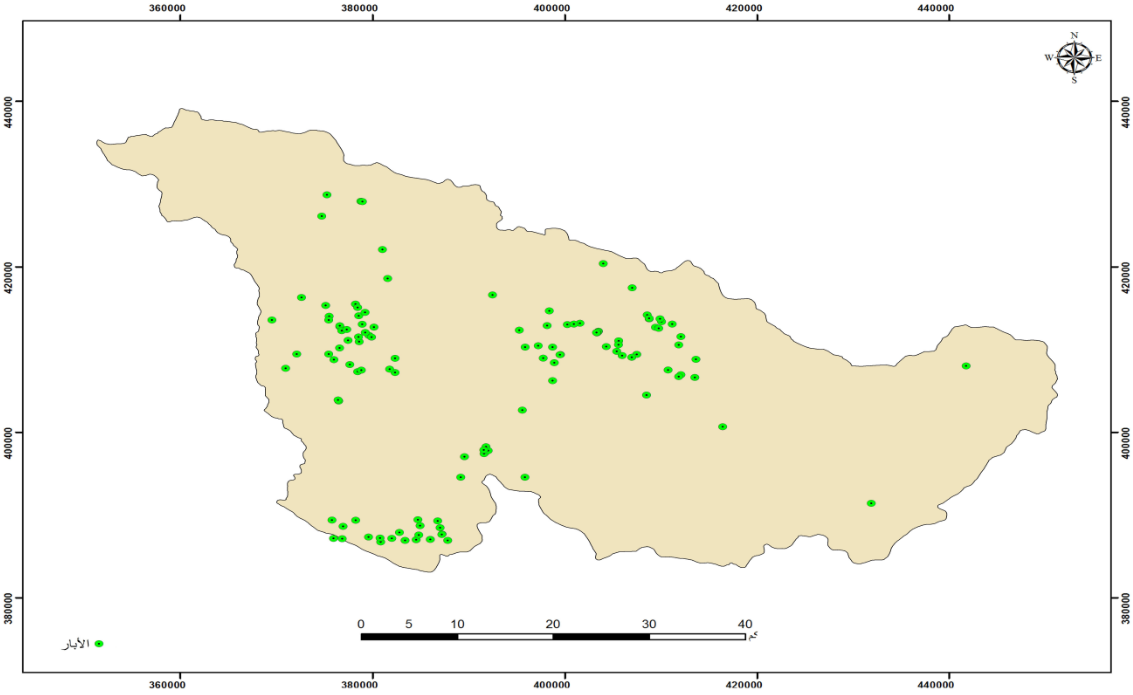
يقع السد على وادي شيظم على بعد 3 كم شرقي بلدة العيص وتقدر مساحة الحوض الصباب بحوالي 64 كم^2 وارتفاعه 18.5 م وطوله 130 م وسعته التخزينية تبلغ 300 ألف م^3 وإنشاء مفيض لتصريف 410م^3/ الثانية، وهو سد ركامي ذو وجه خرساني (سلطة وادي الأردن، 2008) .

وتبلغ كلفته (1.860) مليون دينار، وتمتاز المنطقة بكثرة أوديتها وتجاويفها المحلية ويهدف السد إلى ري الأراضي الزراعية الواقعة في محيطه وكذلك للاستخدامات المحلية، وقد يكون السد تعويضاً عن مجموعة من الينابيع التي كانت تنتشر في أرجاء وادي شيظم وجفت بفعل سنوات الجفاف، وقد تم الانتهاء من السد عام 2010 م (سلطة وادي الاردن، 2013) .

2.1.5 آبار المياه الجوفية

يتضح أن معظم الطبقات الحاملة للمياه الجوفية توجد ضمن مجموعة (B_2/A_7) ويتراوح سمكها ما بين 50-300 م، إضافة إلى وجود طبقات الكرنب الحاملة للمياه الجوفية التي يتراوح سمك الطبقات فيها ما ين 500 – 700 م . وتعتبر وحدات الحسا الفوسفاتية، وعمان الجيرية السليسية ووادي السير وترسبات العصر الرباعي هي خزانات المياه الجوفية الرئيسية ويعاني حوض وادي الحسا من العجز المائي لذلك يتم الاعتماد على المياه الجوفية لسد الاحتياجات المائية(عواد، 2001)، ولذلك تم حفر مجموعة من الآبار الحكومية والخاصة في الحوض، لتزويد شركة الفوسفات الأردنية والبدو بالمياه الشكل رقم (58) .

وقد تبيّن أن عدد الآبار الجوفية المرخصة والممنوحة للمواطنين في الحوض من قبل وزارة المياه والري حوالي (121) غير أنّ هذا الرقم لا يعبِّر عن الواقع في الحوض، إذ يوجد مجموعة كبيرة من الآبار الخاصة القائمة والعاملة والتي تعد مخالفة لعدم تسجيلها، ولا تتحكم فيها وزارة المياه والري من حيث كمية المياه المستخرجة والاستخدام الفعلي للمياه المستخرجة من هذه الآبار لسد الاحتياجات المائية.



شكل رقم (58)

توزيع الآبار الجوفية في حوض وادي الحسا

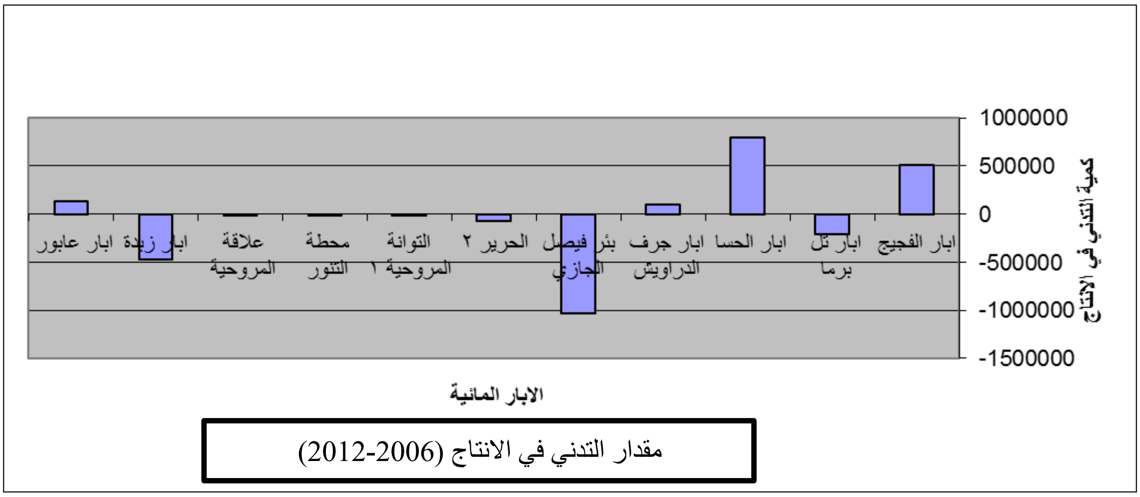
ويبين الجدول رقم (58) كميات الإنتاج والتزويد لمجموعة من الآبار في حوض وادي الحسا، التي توضح كميات الإنتاج التي تذهب معظمها لأغراض الري في منطقة الحسينية / معان من آبار الفجيج، ويلاحظ أن مقدار التدني في انتاجية الآبار ما بين عامي 2006/2012م، شكل (59)

جدول رقم (59)

كميات الإنتاج والتزويد م^3/ السنة

اسم البئر	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	مقدار التدني في الإنتاج لفترة (2012-2006)
آبار الفجيج	469736	721975	686621	745473	579210	792480	901921	1228324	506349
آبار تل برما	1093643	1421372	1437529	1555260	1394774	1587119	1652544	1210911	-210461
آبار الحسا		2273608	2750510	3217678	3392214	3722002	2253011	3072174	798566
آبار جرف الدراويش		66527	78592	124916	176332	139153	123176	165372	98845
بئر فيصل الجازي	76756	1421372	70743	6646	139764	226370	344974	387512	-1033860
الحرير 2		71017	3177	0	0	0	0	1350	-69667
التوانة المروحية 1		5869	804	1694	740	429	491	665	-5204
محطة التنور		4015	3050	2302	591	440	505	1693	-2322
علاقة المروحية		885	1522	1101	510	340	490	596	-289
آبار زبدة		1441828	5200256	1337445	1359816	1008130	1020368	965701	-476127
آبار عابور		28212	36936	24404	123464	141034	123755	159452	131240
المجموع	1640135	7456680	10269740	7016919	7167415	7617497	6421235	7193750	-262930

المصدر : وزارة المياه والري، 2013



المصدر : عمل الباحث

شكل(59)

مقدار التدني في إنتاج الآبار الجوفية في حوض وادي الحسا

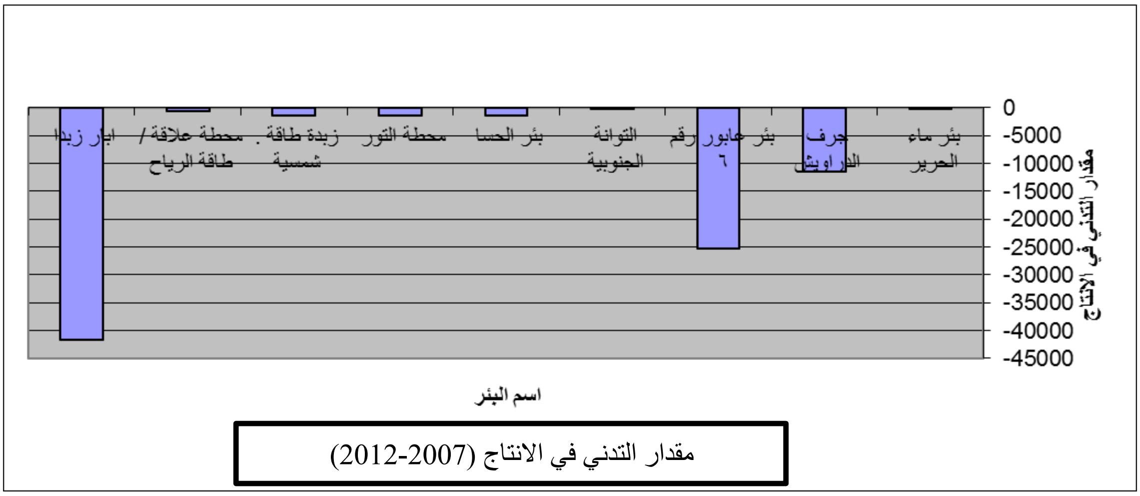
ويتضح من الجدول رقم (60) مجموعة من الآبار المخصصة للتزويد لأغراض المواشي والصهاريج للتجمعات السكانية البعيدة عن مصدر المياه، وتبين من الجدول أن معظم الآبار في تدني ملحوظ في كمية الإنتاج، وشكل (60) يوضح مقدار التدني في الإنتاج للفترة ما بين (2012م و 2007م) ويلاحظ أن جميع الآبار المائية قد انخفضت كمية التزويد المائي، وقد يعود السبب في ذلك إلى انخفاض التغذية المائية، بالإضافة إلى الضخ المفرط .

جدول رقم (60)

الآبار المخصصة للمواشي والصهاريج م^3/ السنة

البئر	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	مقدار التدني في الإنتاج (2012-2007)
بئر ماء الحرير	49740	1500	0	0	0	0	1350	-150
جرف الدراويش	7326	11428	30760	0	0	0	0	-11428
بئر عابور رقم 6	28212	34741	24385	29598	19289	3708	9485	-25256
التوانة الجنوبية	5869	700	1695	740	500	490	665	-35
بئر الحسا	17623	11471	15732	10825	9990	9504	9973	-1498
محطة التور	4015	2850	1400	590	440	490	1495	-1355
زبدة طاقة . شمسية	3160	2110	1150	590	330	580	720	-1390
محطة علاقة / طاقة الرياح	885	1325	1100	510	340	490	645	-680
آبار زبدا	—	49364	62495	25020	9500	8790	7650	-41714
المجموع	116830	115489	138717	67873	40389	24052	31983	-83506

المصدر : وزارة المياه والري، 2013



المصدر : عمل الباحث

شكل(60)
مقدار التدني في إنتاج الآبار المخصصة للمواشي والصهاريج $م^3$/ السنة

ويوضح جدول (61) كميات إنتاج الآبار المخصصة لأغراض الشرب لعام 2010م

جدول رقم (61)
الآبار المخصصة للشرب بالألف/ بالمتر المكعب لعام 2010م

الآبار	الإنتاج $م^3$
الحسا 1	731.3
الحسا 2	609.9
الحسا 3	736.4
الحسا 4	624.3
الحسا 5	596.6
بئر الحسا 2- البلد	423.5
بئر عابور رقم 8	120.0
زبده 12	120.0
زبده 7 / عابور 7	158.9
زبده 14	239.9
زبده 15	129.0
زبده 18	359.9
جرف الدراويش	139.2
المجموع	4988.9

المصدر : وزارة المياه والري، 2013

ويشير الجدول رقم (62) إلى بعض المشاريع المائية والمحطات المائية التي أنشأت لتلبية الحاجات السكانية في منطقة الحوض لأغراض الشرب والري ولسقاية المواشي.

جدول رقم (62)

الإنتاج السنوي للمشاريع المائية والمحطات المائية بالمتر المكعب لعام 2013 / شهرياً

الرقم	اسم المحطة	صافي الضخ	للمواشي والصهاريج
1	مشروع الحسا	188000	0
2	محطة الحرير	600	600
3	محطة الحسا	32000	500
4	محطة جرف الدراويش	0	0
5	محطة جرف الدراويش الجديدة	6000	0
6	محطة التوانه المروحية	70	70
7	محطة التنور الشمسية	300	300
8	محطة القويع الشمسية	0	0
9	محطة زبده الشمسية	70	70
10	محطة علاقة المروحية	60	60
11	محطة عابور 6	750	750
12	بئر زبده 7	0	0
13	بئر زبده 8	0	0
14	آبار زبدة (18، 15، 14، 12)	105000	600
صافي الإنتاج الكلي		332850	2950
صافي الشرب		329900	

المصدر : سلطة مياه الأردن، 2013

3.1.5 استخدامات المياه للأغراض المنزلية

بينت الدراسة الميدانية والمكتبية عند دراسة مصادر المياه في الحوض أن معظم استغلال المياه سواء في الاستخدامات المنزلية وري المزروعات أو للاستعمالات الأخرى يقع معظمه في الجزء الغربي والشمال الغربي والجزء الأدنى من الحوض، ومن المعروف أنّ الجزء الأدنى من الحوض والمناطق المجاورة للحوض التي تتمثل بغور الصافي وغور خنيزيرة ومنطقة الفيدان تشهد تنمية شاملة في مختلف المجالات وخاصة التوسع في الأراضي الزراعية واستصلاح الأراضي لإقامة المشاريع الزراعية، وبما أن الماء هو المصدر الأساسي لهذا التوسع لتحقيق أهداف التنمية فلا بد من البحث عن مصادر جديدة أو تحسين طرق استغلال المصادر الحالية بالطرق المختلفة، وقد بلغ عدد سكان حوض وادي الحسا لعام (2012 م) (37511 نسمة)

وتبين أن التوزيع الجغرافي للتجمعات السكانية شكل(61) يتطابق إلى حد ما مع توزيع الأمطار التي يستقبلها الحوض حيث وجد أن حوالي أكثر من 60% من السكان يتركزون في المناطق الشمالية والشمالية الغربية في منطقة الدراسة، إضافة إلى بعض التجمعات السكانية التي

تنتشر في شرق الحوض، ويعود السبب في ذلك إلى الظروف المناخية والطبيعية الملائمة للنشاطات البشرية المختلفة .

ويبين الجدول رقم (63) التعدادات السكانية للتجمعات البشرية داخل الحوض كما ويظهر الجدول أن هناك كثيراً من التجمعات لم تكن موجودة قبل عام 1980م مثل البقيع ومجرا والهاشمية الجنوبية ومنطقة الشقيرا، ومشروع توطين البدو، إضافة إلى جوير وغيرها.

كما يتضح من الجدول الزيادات السكانية لكثير من التجمعات، في حين نجد أنَّ هناك انخفاضاً واضحاً في الأعداد السكانية لبعض التجمعات مثل مناطق العينا وبربيطة واللعبان وقد يكون السبب في ذلك الظروف الطبيعية أو الظروف الاقتصادية والبحث عن مناطق أفضل .

جدول رقم (63)
التعدادات السكانية للتجمعات البشرية داخل الحوض منذ 1979م-2012م

المدينة / القرية	1979	1994	2004	2012	النسبة المئوية (%)
الحسينية / معان	2273	6472	8310	10700	28.5
الحسا	3317	8522	7808	9276	24.7
الجرف	535	655	578	1454	3.9
العيص	-	2058	4213	5003	13.3
مشروع توطين البدو	-	905	1324	1572	4.2
ارحاب وعفرا واللعبان	661	844	567	673	1.8
مجادل وشيظم وابو بنا وصويميع	236	1098	2067	2455	6.5
زبدة وعابور وازحيقة والحرير	128	44	81	96	0.3
جوير وجحرا والطالبية ومجيدل والدبة وخوخا وبربيطة	586	1002	952	962	2.6
النعيمة والعينا	171	544	536	654	1.7
شقيرا الغربية	864	1255	1606	1959	5.2
الهاشمية الجنوبية	-	1183	1432	1747	4.6
البقيع	-	512	787	96	2.6
المجموع	8771	25094	30261	37511	100

المصدر : الإحصاءات العامة، 20014

في ضوء شح الأمطار ومحدودية الموارد المائية السطحية في حوض وادي الحسا يعتمد أكثر من 90% من السكان والبالغ عددهم حوالي (37511 نسمة) (الإحصاءات العامة، 2014) في الحوض على مصادر المياه الجوفية لتلبية احتياجاتهم من مياه الشرب والاستعمالات المنزلية الأخرى، وبشكل عام فإن كافة الاستعمالات في الأردن تعتمد على المصادر الجوفية نظراً لشح مياه الأمطار الناتج عن الظروف الجافة وشبه الجافة .

ويبلغ استهلاك التجمعات السكانية في الحوض من المياه لأغراض الشرب والاستعمالات المنزلية حوالي (317229 م^3 /السنة)، ويوضّح الجدول رقم (64) استهلاك المياه للتجمعات السكانية لعام 2009م .

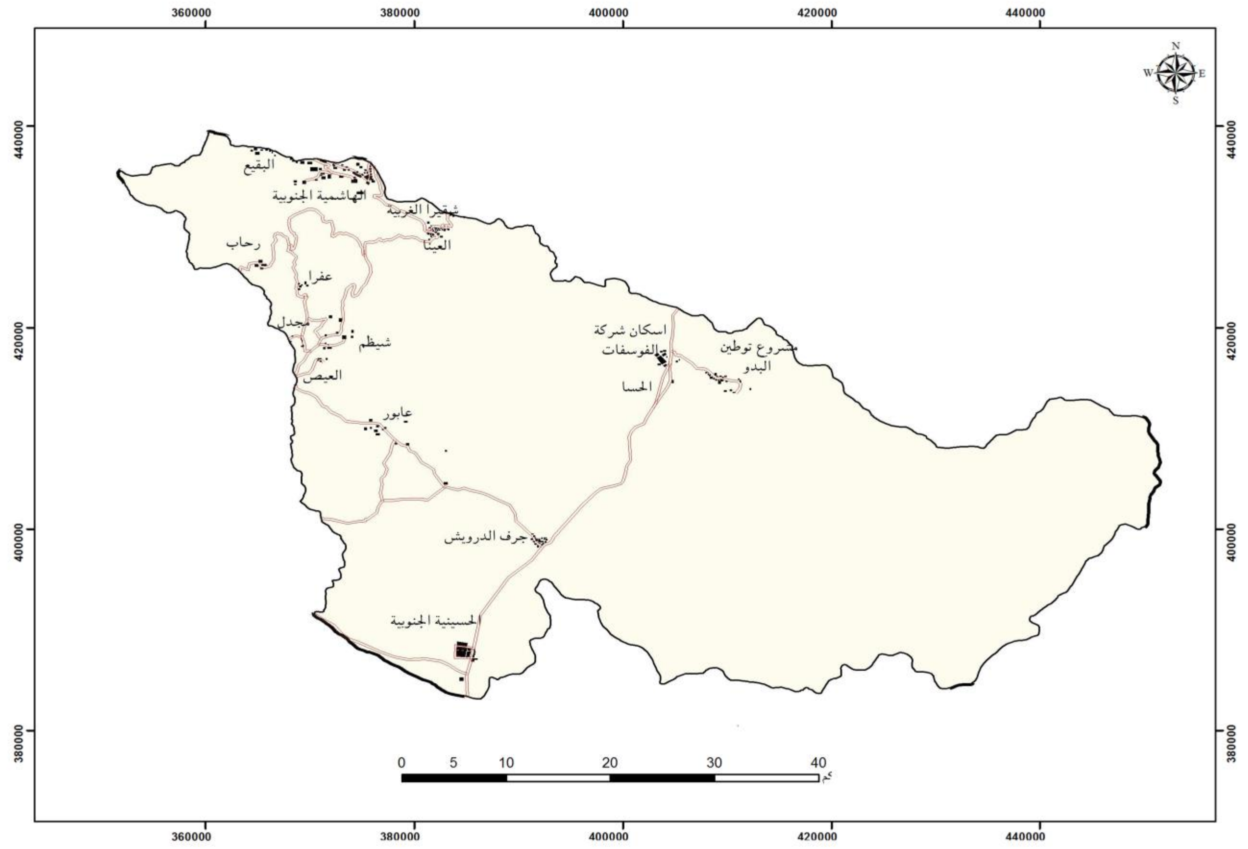
جدول رقم (64)

استهلاك المياه للأغراض المنزلية والشرب في حوض الحسا للفترة 2009م

المدينة / القرية	عدد السكان	الاستهلاك للأغراض المنزلية والشرب.م^3 / السنة	نسبة الاستهلاك للأغراض المنزلية والشرب %
الحسا	9276	30482	9.6
جرف الدراويش	1454	10588	3.3
العيص	5003	64190	20.2
شيظم	601	11969	3.8
ابو بنا	938	8150	2.6
زبدة وعابور وازحيقة والحرير	96	4329	1.4
مجادل	467	12942	4.1
ارحاب	660	2758	0.9
صويميع	449	3623	1.1
البقيع	960	5086	1.6
شقيرا	1959	40438	12.7
الهاشمية	1747	43959	13.9
جحرا	442	10346	3.3
الطالبية	226	5352	1.7
مجيدل	184	4040	1.3
جوير	153	6730	2.1
النعيمة	636	5858	1.8
الدبة	145	2528	0.8
الحسينية/معان	10700	43861	13.8
المجموع	36096	317229	100

وزارة المياه والري ، 2013

وبما أن العلاقة ما بين الزيادة السكانية والطلب على المياه هي علاقة طردية، نجد أن مناطق العيص والهاشمية ومنطقة شقيرا والحسا تستهلك ما نسبته56.4% من مجموع الكمية المستهلكة في الحوض، أما منطقة الحسا فان التركز السكاني فيها ناتج عن وجود مناجم الفوسفات بالإضافة إلى موقعها على طريق عمان – العقبة الأمر الذي أدى إلى انتشار الاستراحات السياحية، ممَّأ جعلها منطقة جذب سكاني حيث ترتفع فيها نسبة الاستهلاك من المياه، أما منطقة الهاشمية الجنوبية فان الظروف المناخية والطبيعية إضافة إلى قربها من التجمعات السكانية الكبيرة عملت على تركز السكان في تلك المنطقة.



شكل رقم (61)
التجمعات السكانية في حوض وادي الحسا

4.1.5 استخدامات المياه للأغراض الزراعية

بالرغم من أن حوض وادي الحسا ووادي عربة الشمالي منفصلان هيدرولوجياً ولكل منهما موازنته المائية الخاصة به، لكن في حالة استغلال مياه الحوضين لري المزروعات في مناطق الصافي وفيفا وخنيزيرة فإنهما يعتبران مصدراً مائياً واحداً وخاصة بعد إنشاء مشاريع مائية في المنطقة لنقل المياه السطحية من أماكن تجمعها في الحوض الأدنى بواسطة أنابيب مغلقة أو بواسطة قنوات مبطنة في مواقع أخرى إلى الأراضي الزراعية أو الأراضي التي يتم استصلاحها في مناطق فيفا وخنيزيرة والصافي والنقع.

وتقدر كمية مياه الجريان الأساسي لوادي الحسا بحوالي 26.1 م م^3، في السنة بالإضافة إلى حجم الفيضانات والتي تقدر بحوالي (12.06)م م^3 في السنة كمعدل طويل الأمد (سلطة مياه وادي الأردن، 2004) حيث تستعمل هذه الكميات في ري الأراضي الزراعية في مناطق غور الصافي وغور النقع وفيفا وغور خنيزيرة ومناطق أخرى بين غور المزرعة والصافي .

ويستغلّ أكثر من 40% من هذه المياه في زراعة الخضروات وخاصة البطيخ في مساحة صغيرة قياساً بالمساحات الكبيرة المتوفرة التي يمكن استصلاحها للزراعة في حالة توفر مصادر مائية دائمة كما يستخدم جزء منها لسقاية المواشي (التقرير السنوي لوزارة المياه والري، 2013)

ويتم تزويد الأراضي الزراعية بالمياه من خلال المضخات المائية المقامة على مجرى الوادي، بالإضافة إلى حفر الآبار الجوفية لسد الاحتياجات السكانية.

ويلاحظ أن نوع المزروعات التي تنتشر هي حبوب شتوية وصيفية وأشجار مثمرة (زيتون، وعنب) وبيوت بلاستيكية والتي بلغ عددها (66) بيتا، وخضار شتوية ومرويّة تنتشر معظمها على المصاطب النهرية على جوانب وادي الحسا.

وتعدّ الحبوب الشتوية أهم المزروعات التي تنتشر في الحوض والتي تشكل ما نسبته (59.3%) من مجموع المساحات الزراعية ويليها زراعة الزيتون، حيث تشكّل ما نسبته (17%) والخضار المروية وتشكّل ما نسبته (16.9%)، وتتوزع باقي المزروعات على مساحات متفاوتة كما هو مبين في الجدول قم (65)

جدول رقم (65)

المساحات الزراعية في حوض الحسا بالدونم لعام 2009م

المدينة/ القرية	خضار مروية	خضار بعلية	بيوت بلاستيكية	حبوب شتوية	حبوب صيفية	اشجار مثمرة	زيتون	عنب	خضار شتوية
العينا	3900	.	50	800	0	74	1315	100	270
العيص	20	0	4	16150	160	710	5210	240	0
عفرا	430	0	4	3500	30	149	975	65	160
بربيطة	1020	0	4	650	0	537	270	20	280
عابور	1400	0	4	12050	150	632	3460	25	270
الحسا	5350	0	0	5850	0	205	740	50	750
الهاشمية	0	0	0	3630	0	12	270	35	0
المجموع	12120	0	66	42630	340	2319	12240	535	1730
المساحة%	%16،9	0	-	%59،3	%0،5	% 3	%17	%0،7	%2،4

المصدر : وزارة الزراعة، 2010

وقد بلغت كمية المياه المتدفقة لمشاريع الري من وادي الحسا خلال عام 2004 حوالي (25.1م م^3) تم استغلال حوالي (18.49 م.م^3) من المياه المتاحة لمشاريع الري، وبلغت كمية المياه المفقودة، وخاصة أثناء حدوث الفيضانات حوالي (5.26 م.م^3)، في حين تستغل الكمية الباقية والتي تبلغ حوالي (1.35 م.م^3) لتزويد مصنع البوتاس، والجدول رقم (66) يوضح ذلك .

جدول رقم (66)

كمية المياه المتاحة وطرق استعمالها لحوض وادي الحسا م م^3

السنة	المياه الداخلة	زراعي	صناعي	الفاقد م.م^3
1995	25.2	18.7	1.1	5.4
1996	24.6	18.7	1.12	4.78
1997	24.7	16.6	1.15	6.95
1998	24.6	17.2	-	7.4
1999	24.37	20.65	0.44	3.28
2004	25.1	18.49	1.35	5.26
2007	25.5	-	-	-
2010	27.447	-	-	-

المصدر: سلطة وادي الأردن، 2012

الفصل السادس

1.6 الآثار البيئية

1.1.6 تملح التربة

تعد ملوحة التربة إحدى مشكلات الأراضي المروية والصحراوية، ومن مصادر الملوحة في التربة، الأملاح الناتجة عن تعرية وحت الصخور، والأملاح المذابة الناجمة عن مياه الري والتسميد، وارتفاع منسوب الماء نتيجة سوء التصريف بعد الري .

وتعتمد الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة على كمية ونوعية الأملاح الموجودة فيها، وقد أجريت فحوصات ومسح للتربة في منطقة الدراسة من قبل وزارة الزراعة وبالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، وتم تصنيف مساحات الحوض تبعاً لدرجة الملوحة شكل رقم (62)

ويوضح الجدول رقم (67) المساحات المتأثرة بالأملاح في منطقة الدراسة.

جدول رقم (67)
مساحات الحوض المتأثّرة بالملوحة

درجة الملوحة	المساحة/ كم^2	نسبة المساحة
تربة غير مالحة	77.91	%2.99
تربة قليلة الملوحة	277.24	%10.64
تربة متوسطة الملوحة	762.40	%29.26
تربة شديدة الملوحة	77.65	%2.98
تربة شديدة الملوحة جدا	1410.42	%54.13
المجموع	2506.61	%100

المصدر: عمل الباحث

ويتضح من الجدول حجم التأثر السلبي لملوحة التربة فحوالي (57.11 %) من مساحة الحوض تعاني تربتها من مشكلة التملح بصورة شديدة ، في حين أنَّ (10.64%) من مساحة الحوض قليل بالملوحة، ويعزى السبب في ذلك إلى عدم كفاءة طرق الري المتبعة،، إضافة إلى وجود القيعان الصحراوية التي تحيط بها مناطق مرتفعة، لذا فإن مياه الري الفائضة تتجمع فيها مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه الجوفية .

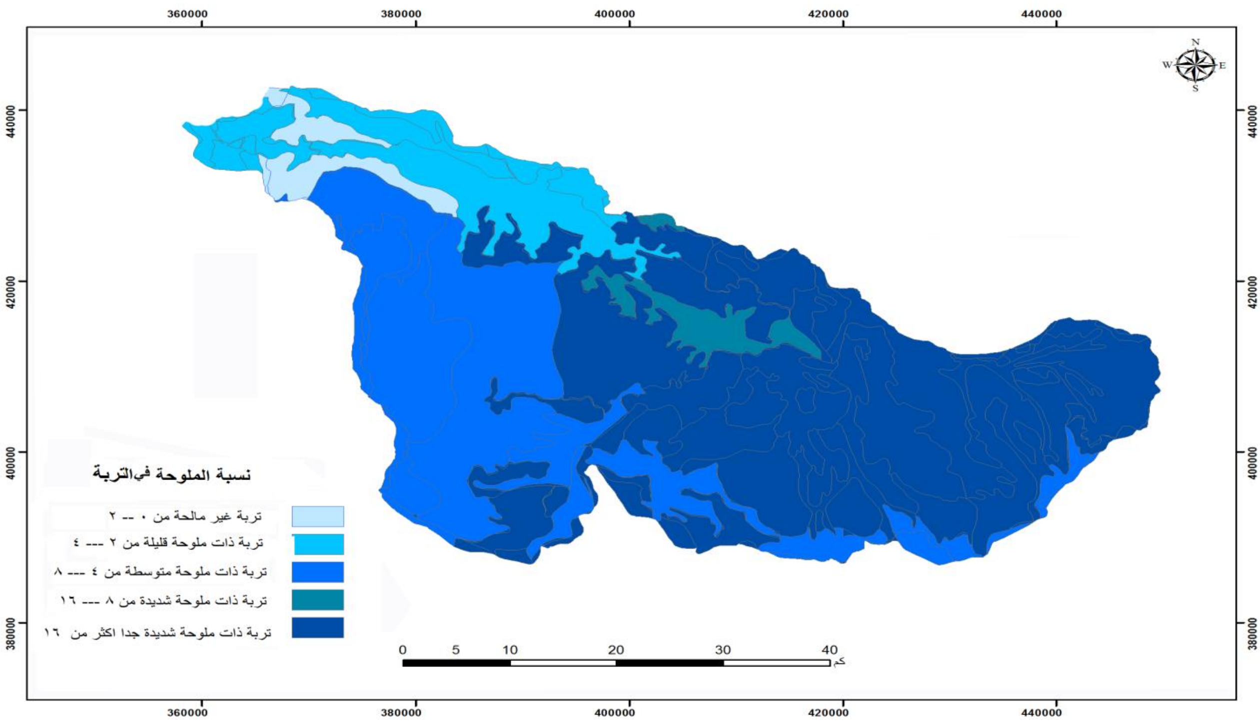
وتم الاعتماد على تصنيف التربة حسب الملوحة تبعاً لتصنيف الملوحة الأمريكي (1954) بناءً على قيم التوصيل الكهربائي لمستخلص مشبع التربة، جدول رقم(68).

جدول رقم (68)

تصنيف التربة حسب الملوحة تبعاً لتصنيف الملوحة الأمريكي (1954)

قيم التوصيل الكهربائي ملموز / سم	نوع التربة
أقل من 4	خالية من الأملاح
4 – 8	قليلة الملوحة
8 – 16	متوسطة الملوحة
16 – 40	مالحة جداً
أكثر من 40	شديدة الملوحة

المصدر : Scherer,1996



شكل رقم (62)

ملوحة التربة في حوض وادي الحسا

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على الأطلس الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، 1994.

2.1.6 معدل انجراف التربة في حوض وادي الحسا :

يعتمد معدل تعرية التربة الناجم عن اصطدام قطرات المطر بالتربة (Soil splash erosion)على مجموعة من العوامل المتداخلة مع بعضها وتتمثل هذه العوامل في : عامل الأمطار ويشمل قطرات الأمطار وتركيز المطر كعامل حت(Rainfall Erosivity Factor) وعموماً يحدث الانجراف مع بداية العاصفة المطرية في الدقائق الأولى حيث تكون التربة مفككة مما يساعد على تناثرها وخاصة في الأقاليم شبه الجافة الخالية من الغطاء النباتي حيث يكون التساقط مفاجئ وغزير، فعدم وجود غطاء نباتي يزيد من قوة ارتطام قطرات الماء على التربة . وعامل خصائص التربة من حيث قوام التربة ورطوبتها ونسبة المواد العضوية فيها وتماسكها ومدى استجابتها لقوة ارتطام قطرات المطر من ناحية التفكك والتناثر والنقل. وعامل الطبوغرافيا من حيث درجات واتجاه الانحدار ويلعب دوراً مزدوجاً، فقد يكون مساعداً لعامل الحت (الأمطار) أو مسانداً لمدى مقاومة التربة على الصمود أمام عامل الحت، ويلعب عامل الغطاء النباتي الدور نفسه، لكنه هنا غالباً ما يكون عاملاً مساعداً للتربة في صمودها أمام ضربات قطرات المطر.

وسيحاول الباحث دراسة أهم العوامل المؤثرة على انجراف التربة الناجمة عن الأمطار، والجريان السطحي، في حوض وادي الحسا، ولحساب انجراف التربة استخدمت معادلة تقدير فقدان التربة (Revised Universal Soil Loss Equation) (RUSLE) والذي يتم من خلاله تحد يد دور أهم العوامل المؤثرة في الانجراف وتتمثل بكل من الأمطار وشدتها وكمياتها، وخصائص التربة من حيث بنائها ونفاذيتها ، وطبوغرافية الحوض (شدة المنحدر، طول المنحدر) ، والغطاء النباتي والإدارة البيئية ، و الإجراءات المتبعة للتقليل من الانجراف .

المعادلة هي : (Renand , et al , 1997)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

A : المعدل السنوي لفقدان التربة(طن /هكتار /سنة)

R: عامل تعرية المطر

K : عامل قابلية التربة للتعرية

L. S : عامل الطوبوغرافياً(شدة المنحدرS، طول المنحدر L)

C : عامل غطاء النبات والإدارة البيئية (الغطاء الأرضي)

P :عامل الإجراءات المتبعة للحد من التعريه

وقد تم تقدير هذه المتغيرات وتمثيلها على شكل طبقات من المعلومات الوصفية باستخدام برنامج Arc View

1. عامل تعرية المطر(R-Factor)

يتمثل بقدرة قطرات المطر على الحت Rainfall Erosivity Factor، مما يعني أن قوة المطر التي تتسبب في نقل جزيئات التربة من العوامل الهامة جدا خاصة في المناطق الجافة، حيث أن التربة عادةً ما تتعرض مباشرة لقطرات المطر وليس هنالك قوة تماسك كبيرة بين الجزيئات المكونة لها. يتم احتساب مؤشر R لكل حالة هطول للأمطار حيث الطاقة الحركية للعاصفة الممطرة والحد الأقصى لكثافة الأمطار على مدى 30 دقيقة مقسمة على 100 (Wischmeier, 1959)

R= E * I(30)

حيث تشير E : إلى الطاقة الكلية للعاصفة، والتي تعتمد على حجم قطرات المطر وعددها والكمية الكلية للمطر الذي يسقط. و I(30) : أعلى متوسط شدة لسقوط المطر خلال فترة 30 دقيقة. وجد الباحث في هذه الدراسة أن المعادلة الأكثر قابلية للتطبيق هي التي استخدمت في شمال إثيوبيا(Nyssen 2005) والتي تلائم البيئات الجافة وشبه الجافة كما هو في منطقة الدراسة .

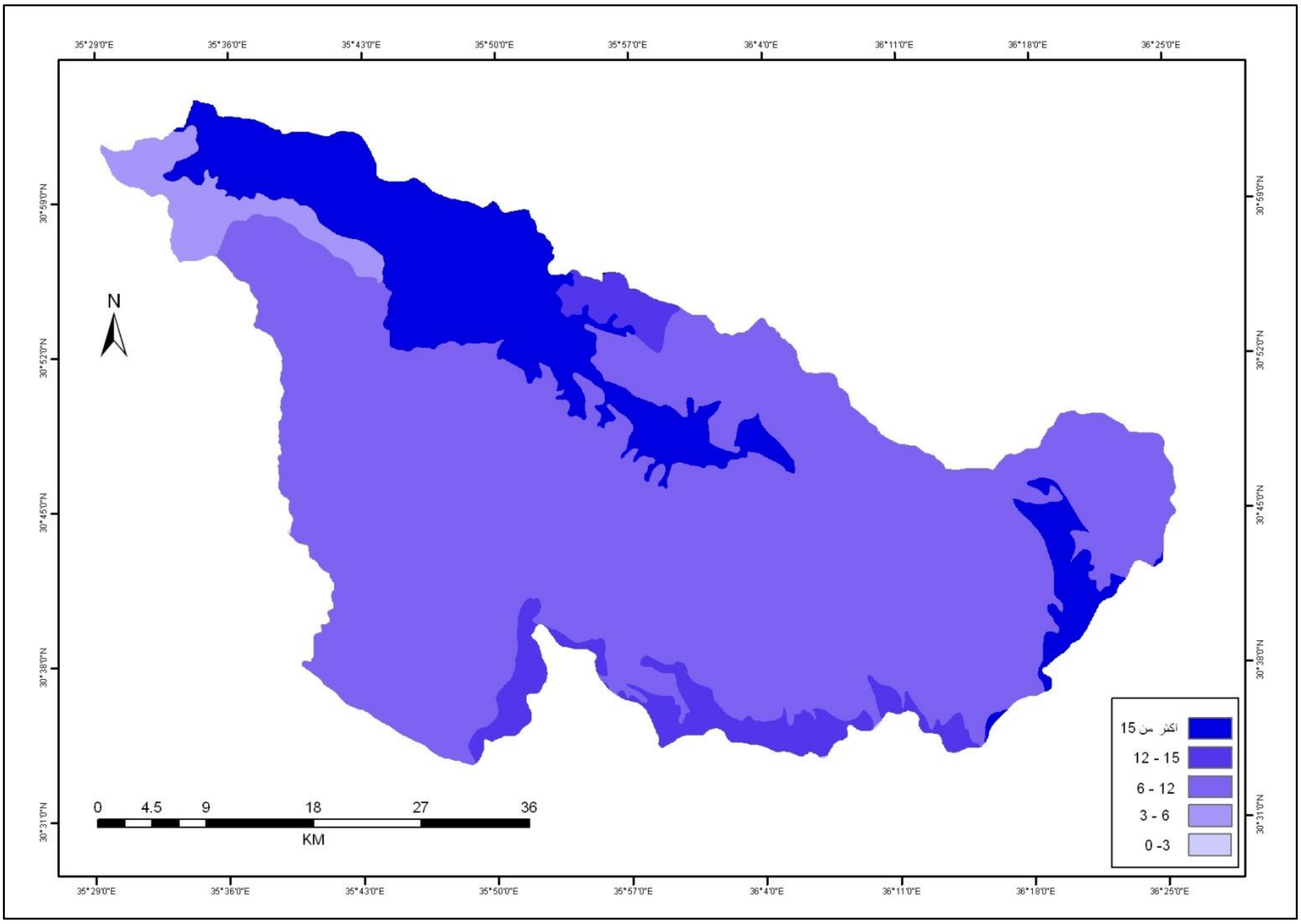
R=0.55*p-24.7

حيث :

P: كمية هطول الأمطار السنوي (ملم) على أساس خمس سنوات متوسط هطول الأمطار السنوي.

وبالاعتماد على البيانات المطرية التي تم الحصول عليها من المحطات المطرية لفترة تسجيل 31 سنة في محطة المزار ، الحسا ، عابور ، و جرف الدراويش . وأدخلت تلك البيانات إلى برنامج ArcGIS10 وباستخدام طريقة مضلع ثيسن لحساب المعدل المطري السنوي المساحي لتلك المحطات تم حساب قيمة R .

ويلاحظ من الشكل (63) بان عامل تعرية المطر يختلف من منطقة إلى أخرى في منطقة الدراسة، حيث يرتفع في المنطقة الشمالية الغربية بالقرب من محطة المزار والتي سجلت أعلى نسبة هطول مطري، في حين ينخفض في معظم مساحة الحوض والتي تتلقى كميات متدنية من الأمطار .



شكل(63)
عامل تعرية المطر

1. عامل قابلية التربة للتعرية (K-Factor)

إن حالة التربة (والتي هي محصلة لخواصها المختلفة) تؤثر بصورة مباشرة على معدل الرشح خلالها، فضلا عن مدى تماسكها وبالتالي مقاومتها لظروف التعرية المائية. وتنحصر خواص التربة الأساسية المؤثرة على معدل الرشح في بناء التربة والرطوبة الأرضية وترتيب الطبقات . ويأتي في المقام الثاني العوامل المؤثرة على البناء الأرضي مثل المادة العضوية ونسبة الطين والمواد اللاحمة، وكلها تؤثر بصورة غير مباشرة على معدلات رشح التربة.وعند دراسة تأثيرات القوام يتضح مدى مقاومة الحبيبات الكبيرة في حجمها للتعرية، وذلك كنتيجة لزيادة أو كبر القوى المطلوبة لتحريكها، وفى الجانب الآخر، فإن مقاومة الحبيبات الصغيرة في أقطارها تكون كبيرة أيضا نظرا لقوى التماسك بين هذه الحبيبات، وعلى ذلك، فالحبيبات الأقل مقاومة هي حبيبات السلت والرمل الناعم، لذلك فالأرض المحتوية على 40-60% سلت هي أكثر الأراضي قابلية للتعرية. وفي نفس الوقت فإن ارتفاع نسبة رشح الماء في التربة الرملية تقلل من قيم الجريان السطحي.من ناحية أخرى فإن الأراضي الطينية تتميز

بانخفاض معدل الرشح فضلاً عن ظروف طبقة تحت التربة، والتي قد تعيق الرشح، وبالتالي تصبح هذه الأراضي قابلة للتعرية المائية خاصة في وجود بناء غير ثابت. أما في وجود بناء جيد فإن مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء تصل إلى حوالي 85% من ماء المطر وحتى درجة انحدار 17% مما يقلل من فرص حدوث التعرية المائية، والتربة التي ترتفع فيها نسبة المواد العضوية تكون مقاومة لعملية تفكك التربة، مما يقلل قابلية التربة للانجراف، ويزداد معدل الرشح مما يقلل الجريان السطحي (Arnolds ،1995) .

ولحساب عامل قابلية التربة للتعرية، تم اخذ عينات من التربة من مناطق مختلفة من منطقة الدراسة وتم تحليلها للحصول على نسب الرمل والطين والغرين والمواد العضوية، إضافةً إلى البيانات المتوفرة في المشروع الوطني لمسوحات التربة واستعمالات الأراضي لعام 1994م والتي استخدمت المعادلة التالية : (Renard ،1997)

$$K = \frac{2.1*10^{-4}(12-OM)*M^{1.14}+3.25*(s-2)+2.5*(p-3)}{100}$$

حيث أن :

OM: نسبة المواد العضوية

M : حجم الجسيمات محددة على النحو التالي:

$$M = (\%FineSand + \%Silt)*(100-\%Clay)$$

Fine Sand: نسبة الرمل وقطر الحبيبة ما بين 0.1 و 0.05 mm

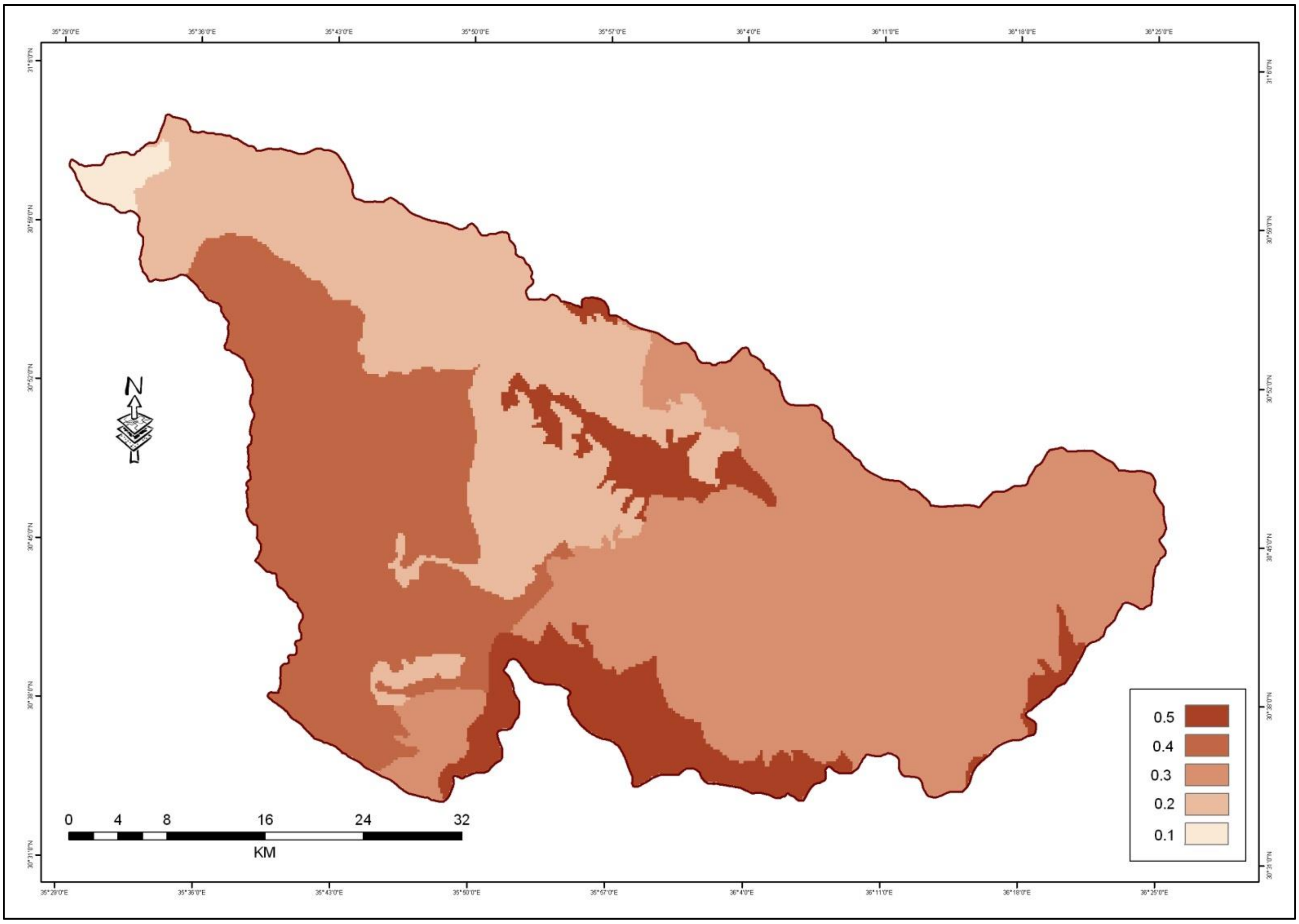
Silt : نسبة الغرين وقطر الحبيبات مابين 0.002mm - 0.05

Clay: نسبة الطين قطر الحبيبات اقل من 0.002 mm

S : بنية التربة

P: نفاذية التربة . وتستمد الطبقات النفاذية من قوام التربة

وبعد استخدام نتائج المعادلة ضمن برنامج ArcView10 وضبط العوامل الاخرى اشتقت خارطة عامل قابلية التربة للتعرية يلاحظ من الشكل (64) أن المناطق التي تسود فيها التربة اللومية السلتية والطينية ترتفع فيها قيم K، نظراً لارتفاع نسب السلت والطين وانخفاض النفاذية فيها، في حين تنخفض قيمة K في المناطق التي تسود فيها التربة الرملية، لارتفاع نسبة الرمل وانخفاض نسب الطين والسلت .



شكل رقم (64)
عامل قابلية التربة للتعرية

عامل الطوبوغرافيا (LS-Factor)

يعد عامل الطبوغرافيا معياراً مهماً في نقل التربة بالمياه حيث تلعب قوة الجاذبية دوراً في الجريان السطحي، يتضمن عامل الطبوغرافيا كلاً من طول المنحدر (L)، الذي يساهم في توسيع سطح الأرض المتأثرة بالجريان السطحي فترتفع كثافة الجريان السطحي بزيادة طول المنحدر، وذلك تحت ظروف انحدار ثابت، وعوامل محلية ثابتة، بفرض أن طول الفترة المطرية أكبر من الفترة الزمنية التي تحتاجها قطرات المطر للانتقال إلى أسفل المنحدر .أما عامل درجة الانحدار الذي يزيد من سرعة الجريان السطحي، حيث يعد من أهم العوامل المؤثرة في التعرية، حيث تزداد التعرية بمعدل الضعف بمضاعفة درجة الانحدار في المنحدرات التي يقل انحدارها عن 10% .يتأثر مقدار التعرية المائية بدرجة كبيرة بشكل المنحدر (مقعر – محدب – مستوى – مركب) حيث يتأثر كل جزء من أجزائه بصورة تختلف عن الأخرى. وفى كل جزء من أجزاء

المنحـــدر، فـــإن قيمـــة طولـــه ودرجـــة انحـــداره تحـــدد قيمـــة التعريـــة فيـــه . فالانحدار الحاد مع الشكل المستقيم يعطى قيم لتعرية عالية، في حين أن المنحدر المقعر قد يؤدى إلى حدوث تراكم للمادة المعراة فيه، أما المحدب فيؤدى إلى ترسيب جزء من المادة المعراة أسفله في اتجاه المنحدر. والمحصلة الكلية للتعرية تتوقف على مدى تتابع واستمرارية أشكال المنحدر الموجودة (Rinos ،et ،al ،2000).

بشكل عام يعتبر الانحدار من العوامل الأساسية المحددة لكمية الجريان السطحي وسرعته، وبالتالي التعرية لسطح التربة. ولا تمثل التعرية مشكلة كبيرة في الأراضي المستوية .

ويتم احتساب عامل الطبوغرافيا باستخدام اثنتين من المعادلات

واحدة للمنحدرات التي درجة انحدارها أقل من 20٪ ، وواحدة للمنحدرات التي تزيد درجة انحدارها عن 20%. (Arnoldus, 1977)

For slopes up to 20%:

$$LS = (L)^{0.5} * \left(0.0138 + 0.00965S + 0.00138S^2\right)$$

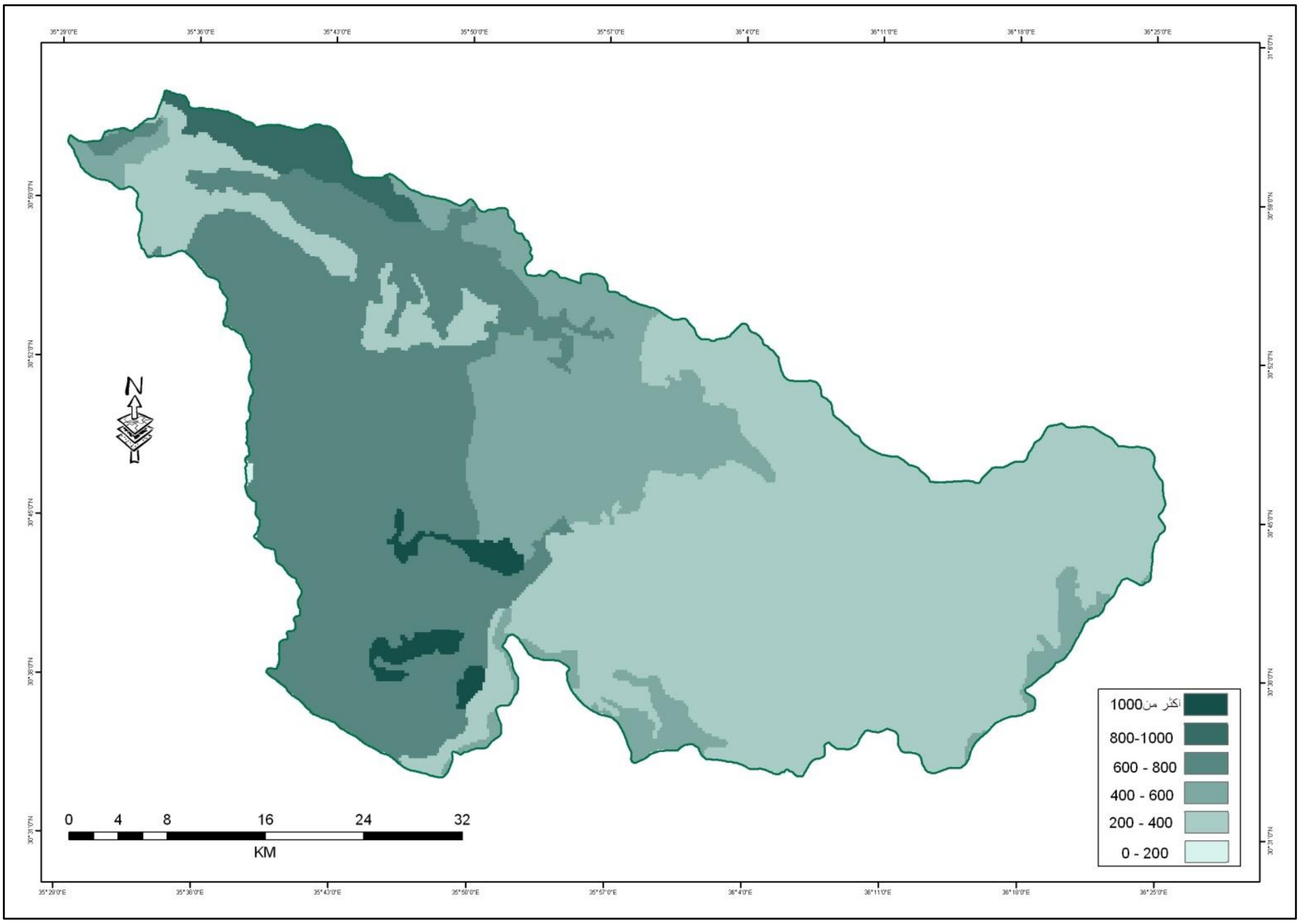
For slopes over 20%:

$$LS = \left(\frac{L}{22.2}\right)^{0.6} * \left(\frac{S}{9}\right)^{1.4}$$

طول المنحدر بالأمتار: L

شدة المنحدر في النسبة المئوية : .S

لمنطقة الدراسة يلاحظ ارتفاع قيمة عامل (LS عند حساب عامل الطبوغرافيا في الجهات الشمالية الغربية، وفي السفوح الجنوبية المطلة على مجرى الوادي، وفي قمم المرتفعات الجبلية كجبال أم الرجام و طويل الشهاق، لارتفاع درجات انحدارها، في حين تنخفض قيمة العامل في المناطق المستوية كالهضبة الشرقية الممتدة غرب الطريق الصحراوي وفي بطون الأودية عند مصب الوادي لانخفاض درجات انحدارها ويتبين ارتفاع قيمة العامل في مساحات كبيرة من الحوض لما تتميز به أراضي الحوض بالتضرس والوعورة شكل (65) .



شكل رقم (65)
عامل الطبوغرافيا

2. عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية (C-Factor)

يؤثر الغطاء النباتي وممارسات الإدارة على معدلات الانجراف وغالباً ما يستخدم هذا العامل لمعرفة تأثير خيارات الإدارة على خطط الصيانة، ودرجة تأثيرها على معدل فقدان التربة السنوي، إضافةً لذلك يؤثر الغطاء النباتي والعمليات الزراعية كالحراثة والتخلص من الحشائش والري والتسميد على انجراف التربة .

ترجع أهمية الغطاء النباتي إلى أنه يؤدى إلى التقليل من معدلات التعرية المائية، حيث يقوم بدور رئيسي في إضعاف قوة اصطدام قطرات المطر مع سطح التربة، مما يؤدى إلى تقليل طاقة قطرات المطر الساقطة، وتتوزع بالتالي الطاقة الحركية للقطرات على سطح كل من أوراق النبات والتربة، كذلك يؤدى وجود النبات إلى تقليل معدلات الجريان السطحي كنتيجة لتخشين سطح التربة بواسطة النباتات القائمة، مما يعطى فرصة أكبر لرشح الماء خلال التربة.

ومن ناحية أخرى، فإن وجود النباتات والبقايا النباتية وامتدادات الجذور تؤدى إلى تحسين حالة البناء الأرضي، وبالتالي تقلل من فرص التعرية المائية.

وهذا العامل يتراوح بين 0 (الحالة المثالية عندما لا يكون هناك فقدان التربة) و1،الذي يشير لأكبر كمية فقدان التربة (Renard, et al, 1997).

ويتم تقدير القيمة للعامل C في المعادلة التالية .(Foster, et al, 2003). بالاعتماد على خارطة استعمالات الأراضي .

$$C = C_c * G_c * S_r * R_h * S_b * S_c * A_m$$

حيث إن :

C: عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية

Cc is the canopy sub factor; طبيعة السطح

Gc is the ground cover sub factor; الغطاء الأرضي

Sr is the soil roughness sub factor; طبيعة حبيبات التربة

Rh is the ridge height sub factors ارتفاع الحواجز(مثل التلال والسلاسل الحجرية)

Sb is the soil biomass sub factor; الكتلة الحيوية (عامل الطبيعة الحيوية لتربة)

Sc is the soil consolidation sub factor; تماسك التربة

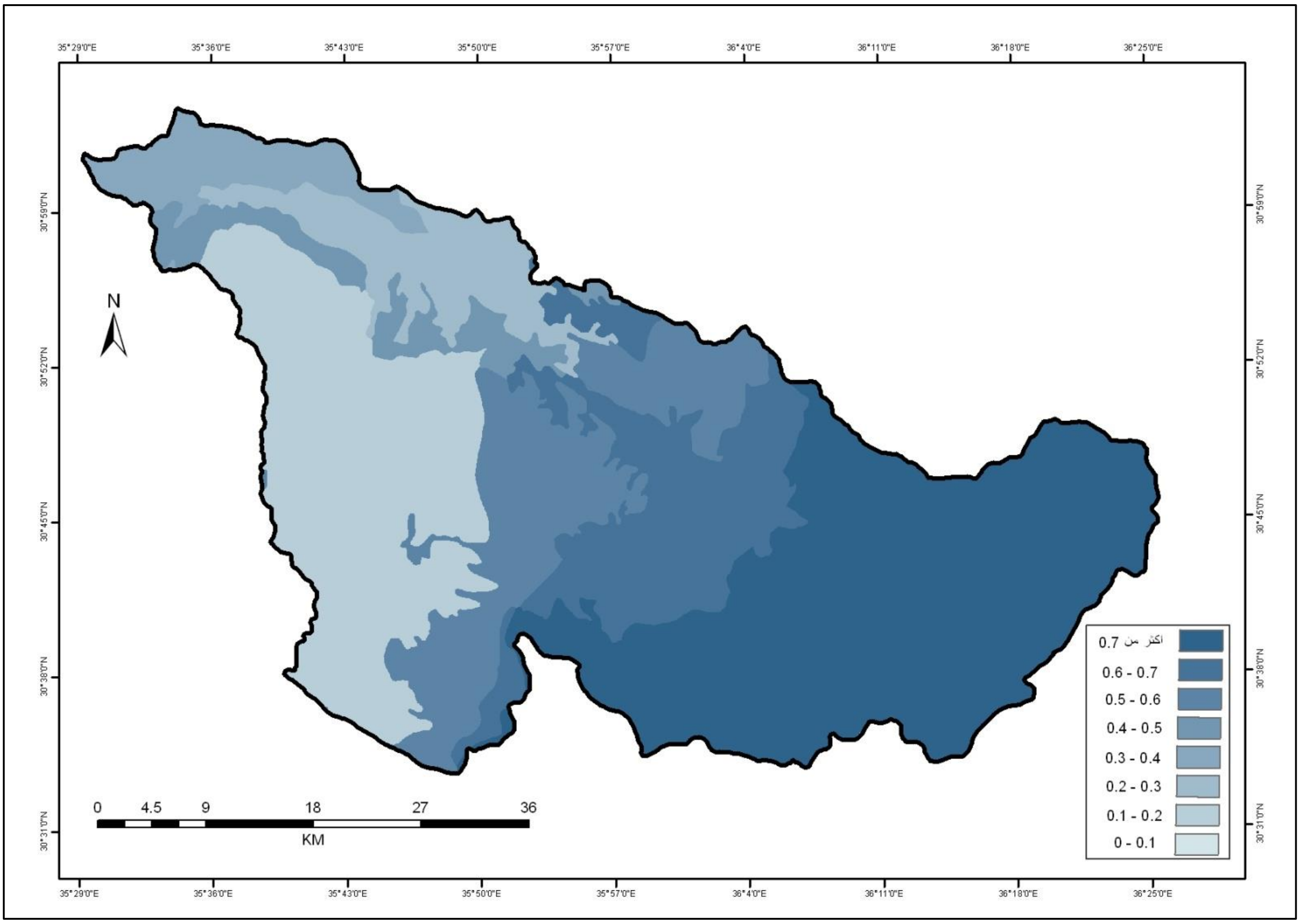
Am is the soil moisture sub factor رطوبة التربة

يلاحظ أن قيمة عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية (C) يرتفع في المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية، لما تتميز بخلوها من المباني والغطاء النباتي، في حين ينخفض قيمة العامل في المناطق الشمالية الغربية لانتشار النشاطات البشرية في تلك المناطق شكل (66) .

3. عامل الإجراءات المحده من التعريه (P-Factor)

وهي الممارسات التي تحد من معدل التآكل السنوي للتربة . وذلك لان نسبة فقدان التربة تقل بفعل الممارسة الجيدة على الأراضي الزراعية مثل الحراثة الكونتورية والزراعة على طول الخطوط الكنتورية. وهذه الممارسات يتم تطبيقها من قبل المزارع للحد من درجة التعرية المائية للتربة . كما يتضمن مجموعة متنوعة من إدارة الزراعة في الحقول والمدرجات، وعمل المصاطب والذي يقلل من درجات الانحدار . وقد لوحظ شيئا من هذا القبيل أثناء العمل الميداني، وتعتبر هذه الإجراءات استراتيجية ومفيدة للحد من الجريان السطحي . وتتراوح قيمة العامل P بين 1 (في حال وجدود إجراءات تحد من التعرية) و 0 (عدم وجود إجراءات للحد من التعرية)

وقد تم جمع البيانات حول هذا العامل من المسح الميداني ثم إدخال تلك البيانات إلى برنامج ArcGIS10 وتم تحديد القيم والشكل (66) يظهر قيمة العامل P .



شكل رقم (62)
عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية

تقدير انجراف التربة

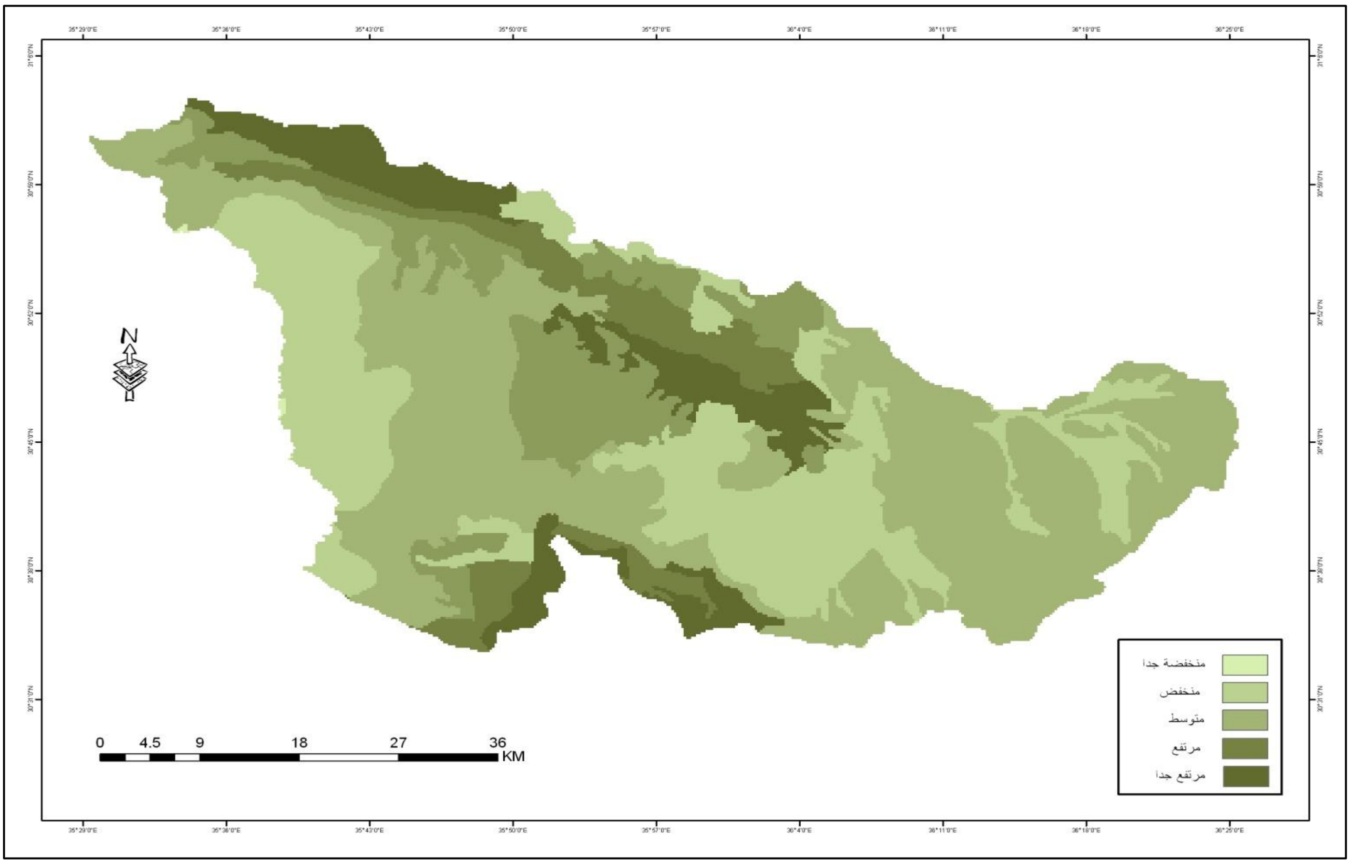
بعد جمع البيانات عن العوامل المساهمة في انجراف التربة تم تحويل جميع تلك البيانات إلى طبقة Raster ، حيث كل طبقة تمثل عامل من عوامل معادلة انجراف التربة بناءً على معادلة (RUSLE)، وتم مضاهاة هذه الطبقات اعتماداً على برنامج Arc View 3.1، لاستخراج خارطة انجراف التربة لمنطقة الدراسة وحساب المعدل السنوي لفقدان التربة (طن/ هكتار / السنة)، ويوضح جدول (69) تصنيفات انجراف التربة وما يقابلها من قيم معادلة RUSLE .

جدول (69)
اصناف انجراف التربة في حوض وادي الحسا بناءً على نموذج RUSLE

أصناف الانجراف	قيمه RUSLE (طن / هكتار / سنه)	المساحة (كم²)	المساحة(%)
منخفضة جدا	0 – 5	1245.03	%49.67
منخفض	12-5	210.56	%8.4
متوسط	12- 25	274.22	%10.94
مرتفع	060-25	638.18	%25.46
مرتفع جدا	أكثر من 60	138.61	%5.53

المصدر : (Bergsma, 1986)

أظهرت الدراسة أنَّ هناك انجراف في منطقة الدراسة من صنف منخفضة جدا وتشغل ما نسبته 49.67٪ من مساحة منطقة الدراسة، و من الصنف المنخفض 8.40% من المساحة. وأنَّ 10.94% من منطقة الدراسة يمثله انجراف متوسط، ومن الصنف المرتفع بنسبة 25.46٪، ويلاحظ أن المناطق الشمالية الغربية وقمم المرتفعات الجبلية والمناطق الوسطى في قاع الجينز وقاع الفحيلي ينتشر فيها انجراف التربة بدرجة مرتفعة جداً، حيث تشكل ما نسبته 5.53٪، وذلك لارتفاع كميات الأمطار مشكلة المسيلات والجداول وارتفاع درجات الانحدار على طول منطقة الحوض الأوسط والتشكيل الجيولوجي لبعض أصناف التربة والتي تكون قابلة لانجراف، إضافةً لقلة الغطاء النباتي وعدم وجود اية إجراءات للحد من الانجراف، كالحراثة الكننتورية، وانشاء المصاطب الحجرية، وزراعة الأشجار الحرجية شكل (67)



شكل رقم (67)
أنواع انجراف التربة في حوض وادي الحسا باستخدام RUSLE

3.1.6 التغير في الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا

يطلق الغطاء الأرضي Land cover على الظواهر البشرية التي تنتشر على سطح الأرض، كالمياه، والغطاء النباتي، والمناطق الحضرية، ولدراسة التغير في الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا استخدمت المرئيات الملتقطة بواسطة القمر الصناعي Landsat 5 ،بدقة تمييزية مكانية وصلت إلى (30م) والملتقطة عام 1984 و 2010م، وذلك لاستخلاص المعلومات النوعية والكمية للغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي لمراقبة التغير في الغطاء الأرضي، وبالنسبة لاستخدامات الأرض لعام 1953 حيث لا يوجد تصوير يغطي المنطقة فقد تم الاعتماد على الخرائط الطبوغرافية ويبين الجدول رقم (70)نتائج تحليل المرئيات الفضائية .

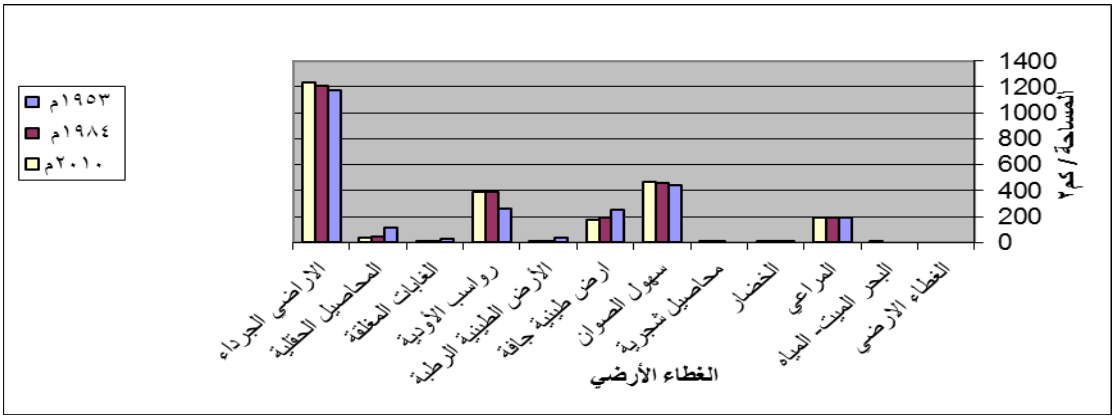
جدول رقم (70)

أنواع الغطاء الأرضي ومساحتها للفترة (1953 – 2010) في حوض وادي الحسا

الغطاء الأرضي	1953		1984			2010		
	المساحة ($كم_2$)	النسبة (%)	المساحة ($كم^2$)	النسبة (%)	النسبة المئوية في التغير	المساحة ($كم_2$	النسبة (%)	النسبة المئوية في التغير
البحر الميت-المياه	0	0.00	0	0.00	0.00	0.19	0.01	0.01
المراعي	189.08	7.54	191.76	7.65	0.11	195.95	7.82	0.17
الخضار	7.65	0.31	4.11	0.16	-0.14	2.92	0.12	-0.05
محاصيل شجرية	0	0.00	3.43	0.14	0.14	2.89	0.12	-0.02
سهول الصوان	443.37	17.69	458.25	18.28	0.59	464.05	18.51	0.23
ارض طينية جافة	256.24	10.22	188.32	7.51	-2.71	173.53	6.92	-0.59
الأرض الطينية الرطبة	36.51	1.46	9.79	0.39	-1.07	5.22	0.21	-0.18
رواسب الأودية	257.63	10.28	385.72	15.39	5.11	387.24	15.45	0.06
الغابات المغلقة	32.16	1.28	14.41	0.57	-0.71	10.26	0.41	-0.17
المحاصيل الحقلية	113.8	4.54	44.36	1.77	-2.77	34.52	1.38	-0.39
الأراضي الجرداء	1170.17	46.68	1206.46	48.13	1.45	1229.84	49.06	0.93
المجموع	2506.61	100.00	2506.61	100.00		2506.61	100.00	

المصدر: عمل الباحث

ففي عام 1953 كانت الأراضي الجرداء تحتل المرتبة الأولى من مساحة الحوض، التي شغلت ما نستبه (46.68%) من مساحة الحوض واحتلت سهول الصوان المرتبة الثانية، حيث شكلت ما نسبته (17.69%) ثم رواسب الأودية، حيث شكلت ما نسبته (10.28%)، في حين أن المحاصيل الشجرية كانت معدومة، وفي عام 1984 م ،بالرغم من التغير في المساحات بالمقارنة مع عام 1953م، إلاّ أنّ تلك التغيرات لم تكن ذات قيمة، حيث بقيت الأراضي الجرداء وسهول الصوان، ورواسب الأودية تحتل الصدارة، وشغلت ما نسبته (48.13%) و (18.28%) و (15.39%) من مساحة الحوض على التوالي، بينما شغلت المحاصيل الشجرية ما نسبته (0.14%) من مساحة الحوض . وفي عام 2010 م بقيت الأراضي الجرداء وسهول الصوان ورواسب الأودية تشغل المراتب الأولى من مساحة الحوض، حيث شكلت ما نسبته (49.06% و 18.51%) و (15.45%) على التوالي، وعدم التغير الملحوظ في الغطاء الأرضي خلال تلك الفترة يدل على عدم إدارة وتنمية الحوض، بينما غطّت مياه البحر الميت ما مساحته (0.01%) من الحوض، شكل رقم (68)

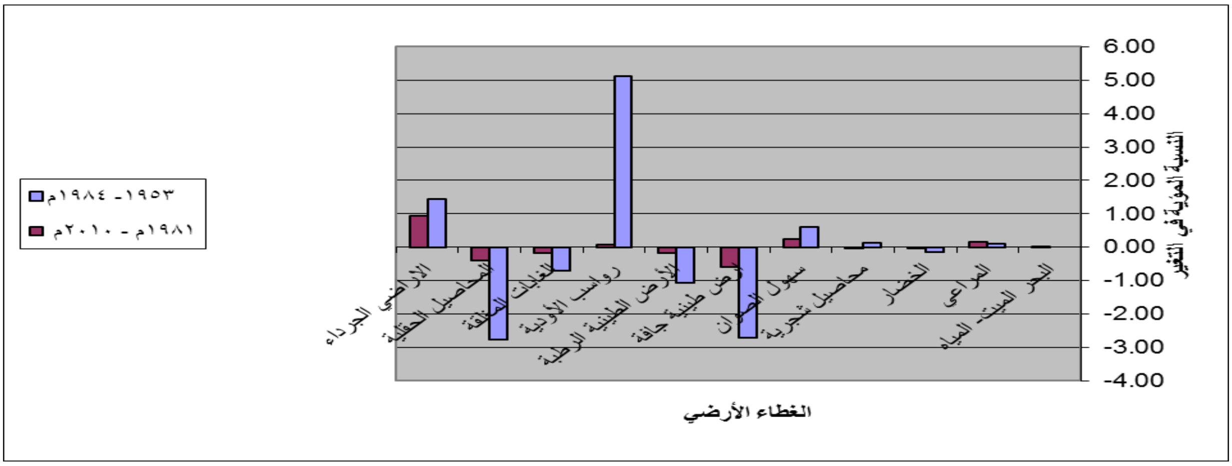


شكل(68)

مساحات الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا للفترة (1953- 2010م)

المصدر: عمل الباحث

ومن خلال تحليل الصور الفضائية، تبين وجود تغيرات في مساحات الغطاء الأرضي، شكل رقم (69) فعند تحليل نسبة التغير يلاحظ أن مساحة رواسب الأودية كانت أعلى نسبة تغير فقد زادت المساحة ما بين عامي 1953 و 1984 م إلى (5.11%) ثم انخفضت في عام 2010 – 2011 إلى (0.06%)، وتلاها في النسبة في التغير ما بين عامي 1953 و 1984الأراضي الجرداء، حيث زادت النسبة (1.45%) ثم انخفضت في عام 2010 م إلى (0.93%)، واحتلت سهول الصوان المرتبة الثالثة، حيث وصلت نسبة التغير ما بين عامي 1953 و 1984 إلى (0.59%) وانخفضت في عام 2010 إلى (0.23%) .



شكل(65)

النسبة المئوية للتغير في مساحة الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا للفترة (1953م- 2010م)

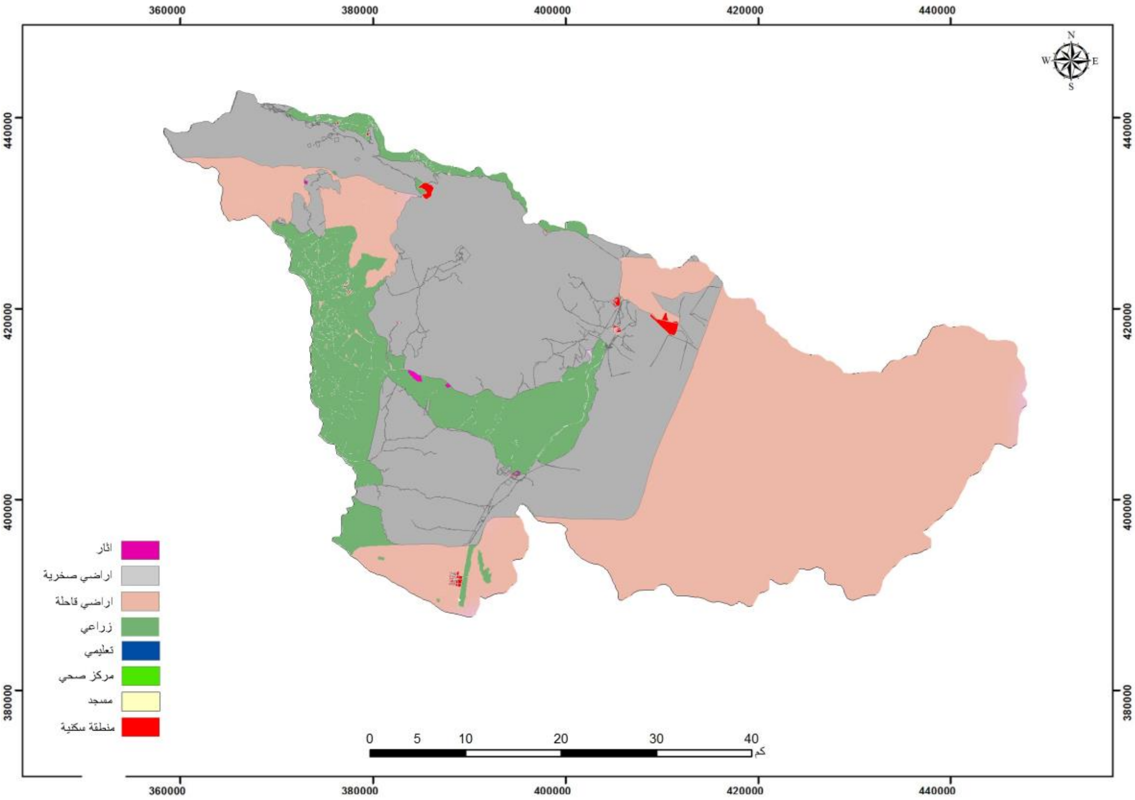
المصدر: عمل الباحث

إن انخفاض كمية الجريان السطحي و ضعف العمليات النهرية الأمر الذي أدى إلى التذبذب في مساحة رواسب الأودية، فمعظم مساحات الأراضي في منطقة الدراسة عبارة عن أراضي خلاء كما هو موضح في الأشكال(70 و 71 و 72 و 73 و 74 و 75) وان زيادة مساحة الأراضي الجرداء وانتشار التصحر، وانخفاض المساحات المزروعة بالمحاصيل الحقلية، والتذبذب في مساحات المحاصيل الشجرية، والانخفاض في مساحات الخضار والغابات قد يعود السبب في ذلك إلى المناخ الجاف في الحوض وانخفاض كميات الأمطار وعدم انتظامها، وانخفاض تصريف الينابيع، أمّا انخفاض مساحات الغطاءات الأرضية الأخرى مثل الأراضي الطينية وغيرها، فقد يعزى إلى تحول مساحاتها إلى مناطق نشاطات بشرية مثل التوسع العمراني والإنشاءات الصناعية والتوسع في إنشاء الطرق وغيرها من المنشآت المدنية.

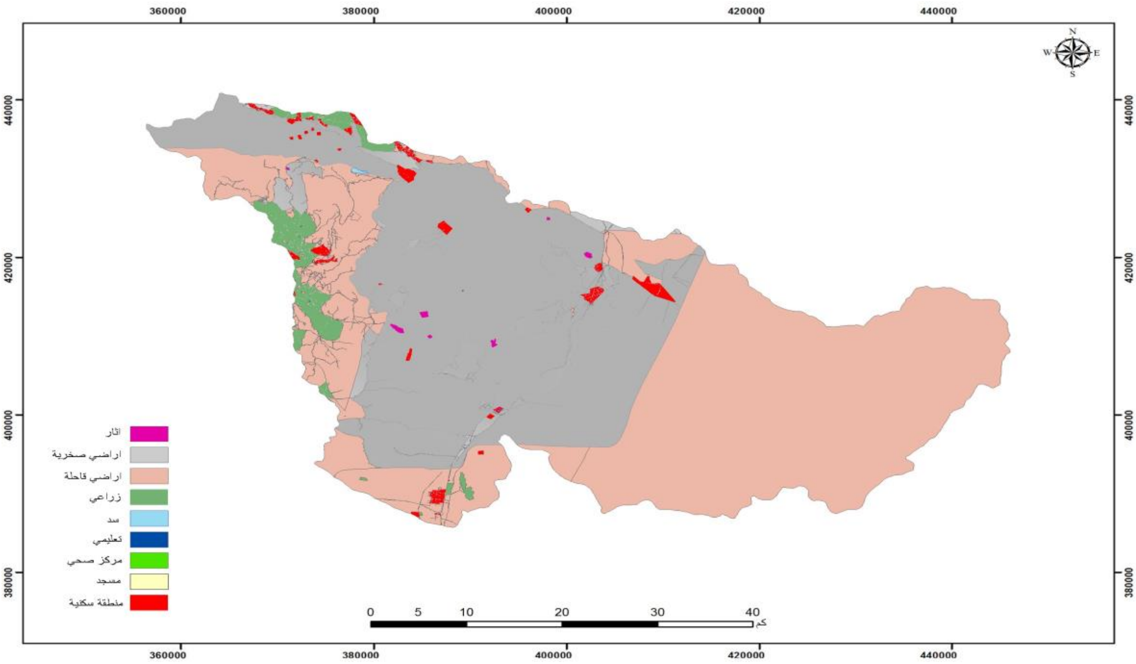
وبذلك يتميز الغطاء الأرضي بأنَّ اغلب أنواع النباتات الموجودة تتميز بتناثرها وقلة كثافتها، فأغلبها ينمو في الفصل المطير وتختفي في بقية الفصول، ويعود تدهور الغطاء النباتي إلى انخفاض كميات الأمطار، إضافة إلى الرعي الجائر الذي أدى إلى تصحر أراضي المراعي .

ولضعف الغطاء النباتي وتدهوره والتباين في أنواع التربة في معظم أراضي الحوض وانحساره في مساحات محدودة الأمر الذي أدى إلى تعرض التربة للتعرية والانجراف ونقل الرواسب إلى بحيرات السدود وتراكمها مما يؤثر على مياه السدود كما ونوعاً، و إلى انخفاض التغذية الجوفية وتعرض المنطقة للفيضانات، الأمر الذي يتطلب تنظيم وتحسين طرق الاستغلال الزراعي ورفع الكفاءة الإنتاجية والحد من التعرية، حيث يساهم الغطاء النباتي في الحد من التعرية ويقلل من طاقة جريان المياه السطحية، ويشكل حاجزاً يخفف من أثر الأمطار فيعمل على تنظيم تدفقات المياه الجارية والحد من الفيضانات وحماية السدود من تراكم الرسوبيات .

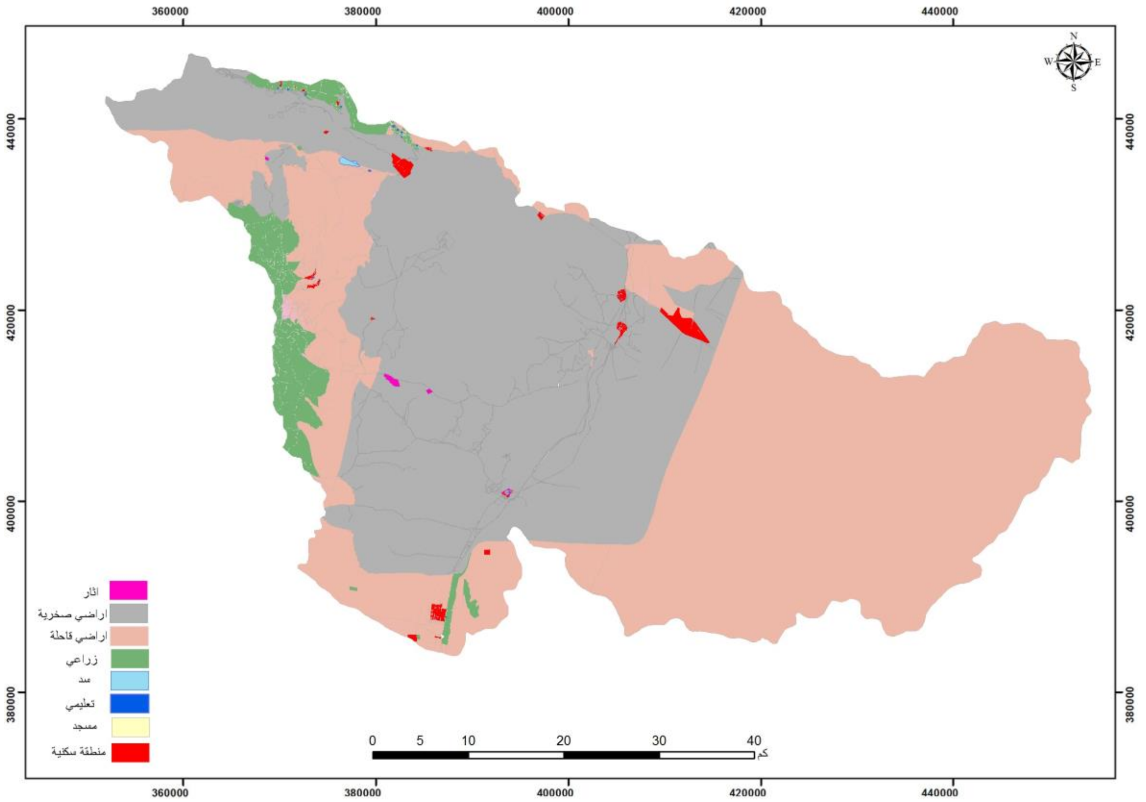
ولذلك لا بد من معرفة التغير الناجم في الغطاء الأرضي لأهميته في معرفة أنماط استخدامات الأراضي، والعوامل التي تؤثر على ذلك الاستخدام، إضافة إلى مراقبة التغيرات التي تحصل على استخدام الأراضي .



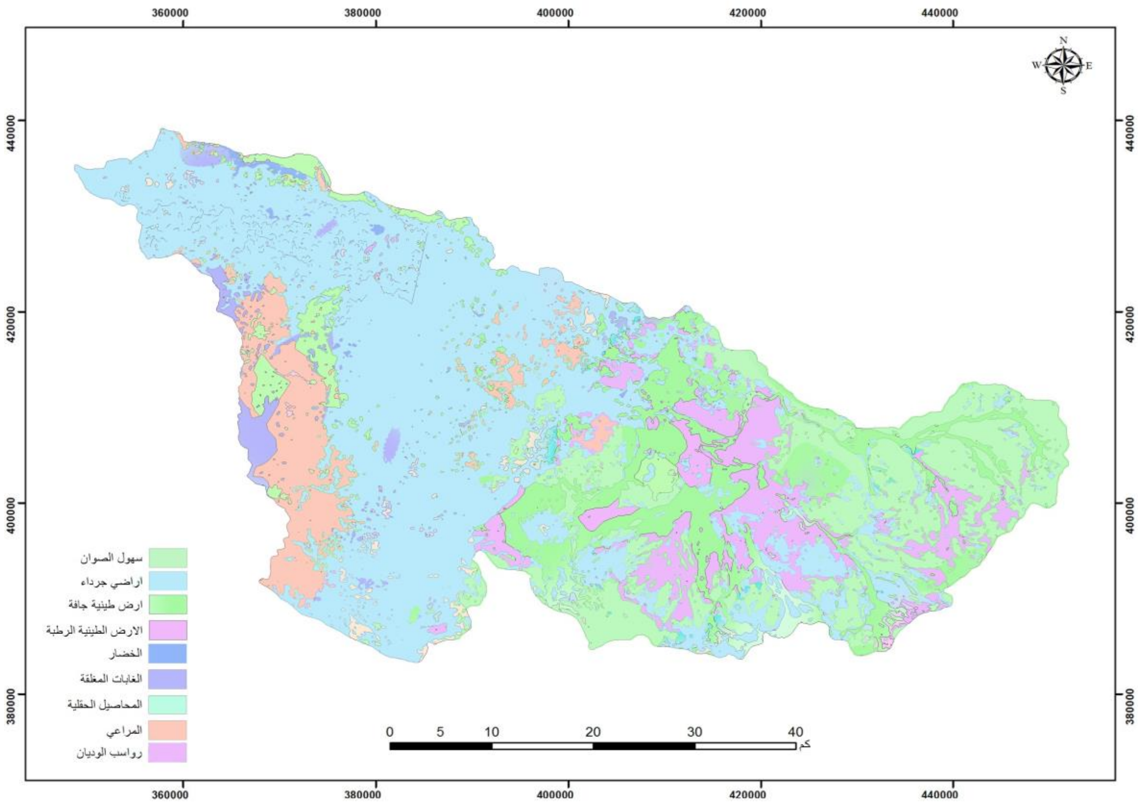
شكل رقم (70)
استخدامات الأراضي في حوض وادي الحسا عام 1953



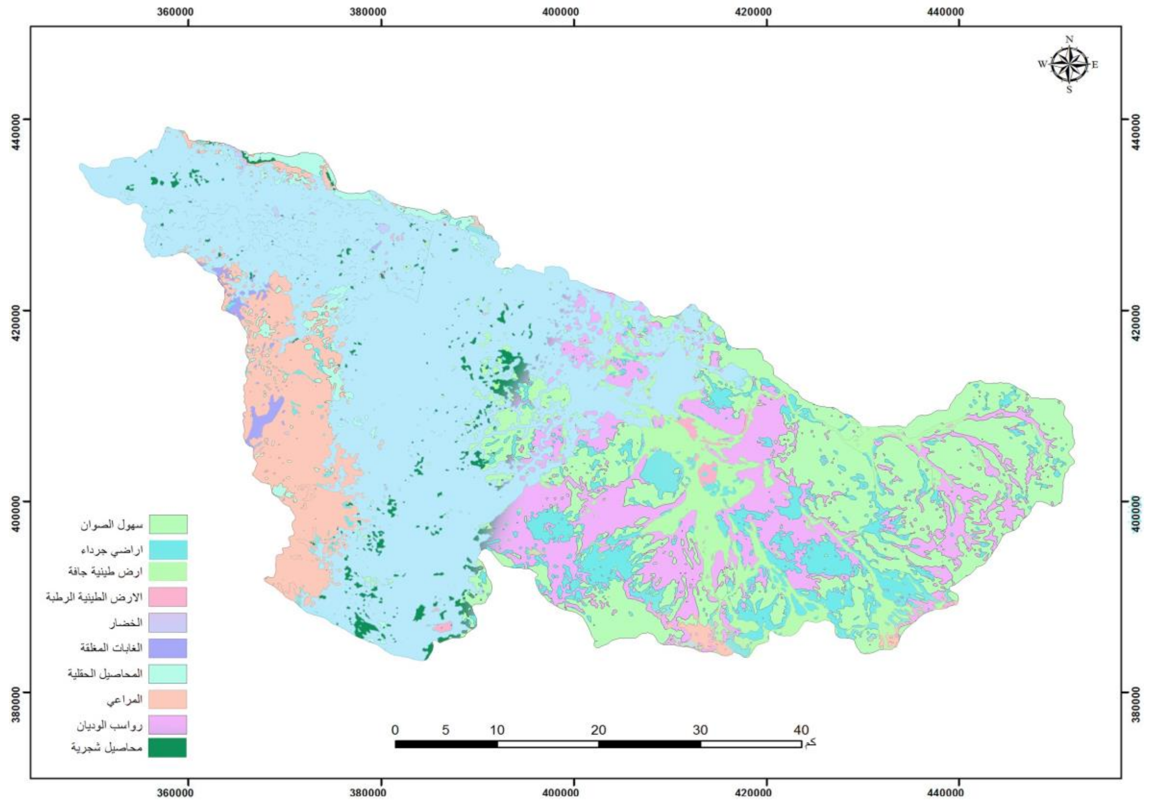
شكل رقم (71)
استخدامات الأراضي في حوض وادي الحاس عام 1984



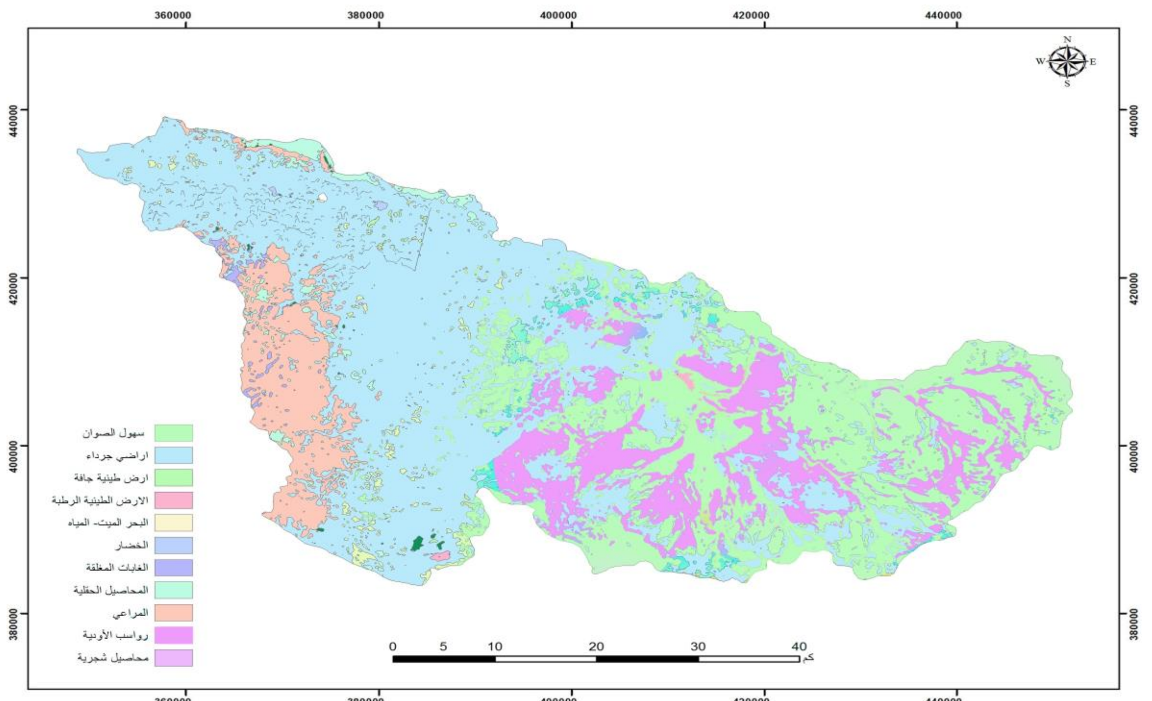
شكل رقم (72)
استخدامات الأراضي في حوض وادي الحسا عام 2010



شكل رقم (73)
الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا عام 1953



شكل رقم (74)
الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا عام 1984



شكل رقم (75)
الغطاء الأرضي في حوض وادي الحسا عام 2010

الفصل السابع

النتائج والتوصيات

1.7 النتائج

تناولت هذه الدراسة تقييم الموارد المائية كماً من حيث الأمطار والجريان السطحي والمياه الجوفية، ومدى كفايتها للاستعمالات البشرية، ونوعاً لمعرفة مدى صلاحيتها لأغراض الشرب والنشاطات البشرية الأخرى في منطقة حوض وادي الحسا جنوب الأردن، إضافة لذلك تناولت الدراسة بعض الآثار البيئية الناجمة عن التغيرات في المصادر المائية، فتم التركيز في هذه الدراسة على ثلاثة مواضيع وهي التملح، وانجراف التربة، والتغيرات في الغطاء الأرضي . وللوصول إلى النتائج المرجّوة من الدراسة اعتمدت على البيانات الهيدرولوجية، والخرائط الطبوغرافية والجيولوجية، وخرائط التربة، وطبّقت بعض أساليب نظام المعلومات الجغرافية، ومجموعة من الأساليب والمعادلات الرياضية، وذلك لاتخاذ القرار في تقييم الموارد المائية

و تحديد المشاريع المائية التي تساهم في توفير الموارد المائية والمحافظة عليها، والحد من الآثار البيئية السلبية، وبناءً على ذلك قد توصلت الدراسة إلى النتائج التالية:

1. يعدّ نظام المعلومات الجغرافية (GIS) من أفضل الأدوات العلمية استخداماً في الدراسات الهيدرولوجية وتحديد أفضل المواقع اللازمة لإنشاء المشاريع المائية والتعرف على الآثار البيئية .

2. يغطي الحوض تكوينات جيولوجية تتميز بالنفاذية، حيث أكثر من (60%) من مساحة الحوض تتسم بالنفاذية، كما ينتشر في الحوض الصدوع التي تقلّل من الجريان السطحي.

3. يتميز حوض وادي الحسا بارتفاع معدلات التبخر التي بلغت حوالي (261.19 م.م^3 / السنة) كمعدل طويل الأمد، بنسبة (95%) من كمية حجم الأمطار الساقطة على الحوض .

4. بناءً على التصنيفات المناخية التي اعتمدتها وزارة الزراعة وتصنيف Koppen يسود الحوض المناخ الجاف وشبه الجاف في منطقة الدراسة .

5. معظم تربة الحوض تتميز بفقرها في المواد العضوية وارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم، ويغلب عليها النظام الجاف .

6. يفتقر الحوض إلى الغطاء النباتي عدا انتشار النباتات الملحية في قاع الوادي، والأعشاب الرعوية التي تشكِّل النشاط الاقتصادي الرئيس..

7. ترتبط الخصائص المورفومترية بعلاقة مباشرة بالظواهر الهيدرولوجية لارتباطها بالمناخ واتجاه العواصف المطرية ومدى استمراريتها، وتأثيرها على الجريان المائي والفيضانات .

8. لارتفاع نسبة استطالة الحوض وانخفاض معامل شكل الحوض، وارتفاع معامل الانعطاف، أدّى إلى طول المسافة التي تقطعها المياه من المنابع إلى المصبّ التي عملت على انخفاض كمية الصبيب المائي وزيادة الفرصة لتعرض المياه للتبخر .

9. وصل حجم الأمطار الساقطة على الحوض للفترة الواقع ما بين 1980– 2010م حوالي (274.22 م.م^3/ السنة) ومعدل التغذية (23.37 م.م^3/ السنة. وقد سجلت السنة المائية 1992/1991 أعلى كمية في حجم الأمطار، حيث وصلت (497.79 م.م3)، أي حوالي ضعف المعدل العام، في حين بلغ أدنى حجم في الأمطار حوالي (133.15 م.م^3 في السنة المائية 1994/1993 .

10. تشير النتائج أن المناطق التي تتلقى معدل أمطار التي تزيد عن 190ملم/ السنة تشغل ما نسبته (29.21%) من مساحة الحوض، بينما المناطق التي تتلقى معدل أمطار تقل عن (190 ملم/ السنة) تشغل ما نستبه (70.79 %) من المساحة الكلية للحوض .

11. أوضحت الدراسة أن هناك تذبذب في الأمطار السنوية، و لوحظ عدم توافق في السنوات المطيرة بينما تبين أن هناك توافق في السنوات الجافة والتي سجلت المحطات المطرية أدنى كمية لسقوط الأمطار .

12. تبين من ارتفاع قيم معامل الانحراف، وقيم معامل الاختلاف أنه لا يوجد تجانس وانتظام لسقوط الأمطار خلال الشهور المطرية .

13. بلغ معدل جريان الأساس خلال فترة التسجيل حوالي 1.21 م.م^3/ السنة لوادي الحسا/ التنور، و 26.19 م.م^3/ السنة لوادي الحسا / غور الصافي .

14. التباين الكبير في كميات تصريف الفيضانات من سنة لأخرى والاختلاف ما بين أعلى وأدنى كمية تصريف فيضانات خلال السنوات المائية، وبلغ المعدل السنوي لمعامل الفيضان بلغ حوالي (3.75%)، و بلغ معامل الاختلاف (582.2%) .

15. بلغت كمية الفيضانات المحتملة لسنوات التكرار حوالي (4.53 م^3 / الثانية)، لوادي الحسا / غور الصافي، و (2.05 م^3/ الثانية) لوادي الحسا / التنور خلال فترة رجوع سنتين، و (4.57 م^3/ الثانية لوادي الحسا / غور الصافي، و (6.45 م^3/ الثانية لوادي الحسا / التنور خلال فترة رجوع (200) سنة.

16. بلغ معدل تصريف الفيضان لوادي الحسا حوالي (12.06 م.م^3/ السنة، أي ما نسبته حوالي (4.4%) من كمية الأمطار الساقطة، وتعتبر النسبة متدنية نظراً لانخفاض مساهمة الأمطار في الجريان السطحي .

17. يتوزع في حوض وادي الحسا عدد من الينابيع والنزازات يزيد عددها عن (31) نبعاً، يتركز معظمها في الشمال الغربي في الحوض، نظراً لارتفاع معدل كميات الأمطار، وانتشار مناطق الضعف التكتوني .

18. يبلغ المعدل السنوي لتصريف الينابيع في الحوض حوالي (3.27 م.م^3/ السنة.

19. لوحظ أن هناك سنوات سجلت معدل مطري كبير، ولم تسجل أي كمية تصريف للفيضانات، وهناك سنوات سجلت معدلات أمطار قليلة، وشهدت فيضانات، ويعود السبب إلى التوزيع الزماني للأمطار، وشدة المطر، واستعمالات الأرض المختلفة .

20. بينت نتائج الموازنة المائية أنَّ معظم الفائض المائي يتركز في المناطق الغربية والشمالية الغربية، والمناطق التي تقع على ارتفاعات عالية في محطات المزار وعابور، التي لم تتجاوز مساحتها (30%) من مساحة الحوض، ويتركز الفائض المائي في فصل الشتاء، في حين يعاني الحوض من عجز مائي واضح وخاصة في شهور الصيف .

21. أجري تحليل كيميائي لتسعة ينابيع اختيرت عشوائياً لمعرفة مدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة فكانت نتائج التحليل أن عينات المياه تتراوح ما بين عسرة وعسرة جداً، حيث لا تصلح للشرب والأغراض المنزلية، ومن خلال نتائج نسبة (SAR) ونسبة الصوديوم أن المياه صالحة لأغراض الري.

22. ينتشر في الحوض مجموعة من الآبار الجوفية الحكومية، والخاصة والتي بلغ عددها حوالي (121) بئراً خصص لأغراض الشرب والمواشي والري، بلغ مجموع إنتاج الآبار عام 2012 م حوالي (7.19 م.م^3/ السنة، وبلغ مقدار التدني لإنتاج الآبار للفترة 2006 – 2012 م حوالي (0.26 م.م^3/ السنة، وبلغ إنتاج الآبار المخصصة للشرب حوالي (4.99 م.م^3/ السنة .

23. يتركز معظم السكان والنشاطات البشرية في المناطق الشمالية الغربية مع وجود توزعات سكانية في المناطق الشرقية والجنوبية الشرقية .

24. بلغ كمية المياه المستهلكة للسكان القاطنين داخل الحوض لغايات الشرب حوالي (0.32 م.م^3 / السنة لعام 2009، أي ما نسبته (6.4%) من إنتاج الآبار المخصصة للشرب، وهذه نسبة متدنية جداً، ووصلت حصة الفرد من المياه حوالي (24) لتر / اليوم .

25. بلغ نسبة مساحة الأراضي الزراعية التي تعتمد على الري حوالي (16.9%)، وقد خصص للحوض عام 2004 م من المياه للري والصناعة (25 م.م^3، استغل منها (19.5 م.م^3) و (1.4 م.م^3) لمصنع البوتاس، وبلغت كمية المياه المفقودة (5.3 م.م^3).

26. لوحظ أن تربة الحوض تعاني من مشكلة تلوث، حيث قدرت نسبة مساحة الحوض التي تعاني تربتها من ملوحة عالية جداً (54.13%) .

27. استخدم نموذج (RUSEL) لتقدير انجراف التربة بفعل المياه الجارية في الحوض، وتبين أن مساحه الأراضي المعرضة للانجراف بدرجة عالية جداً (5.53%) من مساحة الحوض، مما يزيد من كمية الرواسب في السدود وانخفاض السعة التخزينية .

28. تبين من التغيرات في الغطاء الأرضي في الحوض للفترة ما بين 1953 – 2010 أنه زادت مساحة الأراضي الجرداء بنسبة (1.45%) ما بين عامي 1953 – 1984 و (0.93%) ما بين عامي 1984 – 2010 م، كما أنه انخفضت مساحة الأراضي الرعوية وزيادة في مساحة رواسب الأودية .

29. إنّ التغيرات في الغطاء الأرضي في الحوض حدثت بسبب العوامل الطبيعة كانخفاض كميات الأمطار وعوامل بشرية كالرعي الجائز والزراعة الهامشية، والصناعات الاستخراجية مما يشير إلى تعرض المنطقة إلى التصحر .

التوصيات

1. التوزيع الجيد والمنتظم لمحطات القياس المناخية من أجل الدراسة المناخية والهيدرولوجية بشكل جيد .
2. التوسع في استثمار مياه الأمطار كالحصاد المائي من خلال إنشاء الحفائر.
3. العمل على زيادة تصريف مياه الينابيع في الحوض عند طريق تطويرها من خلال بناء القنوات الإسمنتية عند الينابيع .
4. إنشاء مشاريع الصرف الصحي لتوفير المياه اللازمة للري والصناعات .
5. إقامة محطات قياس للجريان السطحي على الأودية ،لتوفير البيانات اللازمة للدراسات الهيدرولوجية .
6. صيانة السدود المائية في الحوض لتقليل كميات الرواسب، وذلك للحفاظ على القدرة الاستيعابية لبحيرة السد .
7. القيام بدراسات دورية للكشف عن التغيرات البيئية ومعالجة الظواهر السلبية .
8. إنشاء المدرجات بصورة عمودية على طول المنحدرات للعمل على تكسير الجريان السطحي والحد من سرعته في المرتفعات للتقليل من ظاهرة الانجراف للتربة .
9. يرى الباحث إنشاء سدود تخزينية في القسم الشمالي الغربي، لحجز كمية من مياه الأمطار، وخاصّة أنها تستقبل كمية من الأمطار مع الأخذ بعين الاعتبار المواضع المهمّة لسد العجز في فصل الصيف، وإنشاء سدود ما بين تركيب عرجا – عوينه، وتركيب سلوان الذي أدّى إلى نشوء حواجز كتيمة، وأيضاً إنشاء مشاريع مائية على السطوح المرصوفة التي تتميز بالكتامة والانحدار المعتدل .
10. إنشاء المحميات وزراعتها والاستفادة منها في تنشيط السياحة وضبط التغيرات البيئية .
11. استخدام أساليب الري الحديثة للحد من ملوحة التربة .
12. نتيجة التردي الحاصل من الضروري وضع خطة عملية للموازنة المائية والتقيد بها .
13. تسهيل مهمة الباحث في الحصول على البيانات اللازمة للدراسة، لما عانيت منه في الحصول عليها .

قائمة المراجع

المراجع العربية :

أبو سليم، علي (2010)، الدور الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية والتصريف المائي في الناتج الرسوبي لوادي الوالة، **المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية**، المجلد3 العدد 2، ص114-134

أبو سليم، علي (2004) **تقييم أثار التدهور البيئي في الجزء الغربي من منخفض الجفر**، أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

أبو سمور، حسن (1985) تدرج النباتات الجبلية في الأردن، **دراسات**، المجلد 12، العدد 2، عمان.

أبو سمور، حسن (1995)، **الجغرافيا الحيوية**، عمان، الأردن .

أبو سمور، حسن (1997)، التصريف المائي لنهر الزرقاء، **مجلة جامعة دمشق**، المجلد 13، العدد الثالث، ص185-513.

أبو سمور، حسن وعلي غانم (1997)، تحليل مناخي هيدرولوجي للسيول في الأردن (حالة دراسة لأحواض اليرموك والزرقاء والموجب)، **مجلة الزقازيق للبحوث الزراعية**، المجلد 24، العدد 6، ص1133-1150.

الأعوج، طلعت (1994)، **التلوث المائي**، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب.

جبار، فهد (2010) **التلوث المائي : مصادرة ومخاطرة، معالجته**، ط2، عمان، مكتبة المجتمع العربي.

الجيلاني، محمد عبد القادر (2003) **المياه السطحية الموسمية ومشكلاتها في حوض وادي ميفعة**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عدن، عدن، اليمن.

الحديدي، خيري (1994)، **مصادر المياه في الأردن، ترشيد استهلاكها**، وزارة المياه والري، عمان، الأردن .

حرب، أحمد (2003)، **تقييم الموارد الطبيعية في حوض وادي الريان**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

حرز الله، بدر (1966)، **تلوث المياه وتحديات الوجود**، الإسكندرية، ج . م . ع، سلسلة التنمية والبيئة.

حمدان، صبري، أبو عمرة، صالح (2010) بعض الخصائص المورفومترية للجزء الاعلى من حوض الرميمين وسط غرب الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (دراسة مقارنة)، **مجلة جامعة الأزهر بغزة، سلسلة العلوم الإنسانية**، المجلد12، العدد2، ص595-620

دائرة الاحصاءات العامة (1994)، **نتائج التعداد العام للسكان والمساكن في الأردن**، عمان، الأردن .

دعبس، يسري، (1994)، **تلوث المياه وتحديات الوجود**، الاسكندرية، ج.م.ع.

دلشادر، رسول عزيز (2010)، استخدام تقنيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية GIS في مسح ودراسة التغيرات في الغطاء الأرضي لمحافظة كركوك، **مجلة كركوك**، الدراسة العلمية، المجلد (5)، العدد،(2)، العراق.

رشدان، جميل (1998)، **تحليل الوضع المائي في حوض الموجب والامكانيات المائية المتاحة الحالية والمستقبلية**، عمان، وزارة المياه والري.

الزعارير، (1995)، **موارد المياه السطحية في حوض وادي الوالا**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن .

الزعبي، كامل (1995)، **مسح الموارد المائية في حوض وادي زقلاب**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

زيود، أحمد (1993)، **موارد المياه السطحية في حوض وادي كفرنجة**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن .

الزيود، أحمد جميل عبد الكريم (2001)، **مصادر المياه السطحية وتطويرها واستخدامها الأمثل في حوض وادي عربة الشمالي في الأردن،** أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

سعد، علي (1986)، شدة المطر وديمومته وتكراره في الأردن، **نشرة مهنية** رقم3، سلطة المياه، عمان، الأردن .

سلامة، حسن (1980) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، **مجلة دراسات،** مجلد 7، عدد 1، ص123-167.

سلامة، حسن (1985)، اختلاف التصريف المائي للأودية الصحراوية في الأردن. قسم الجغرافيا، **جامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية،** نشرة (75).

سلامة، حسن (2004) ، **أصول الجيومورفولوجيا،** ط1، عمان، دار المسيرة للنشر.

سلامة، حسن وأبو صبحة، كايد (2000)، تصنيف خصائص الاحواض المائية في الأردن وتفسيرها باستخدام أسلوبي التحليل العاملي والانحدار المتدرج، **المجلة التونسية للجغرافيا،** عدد 31110.

سلطة المصادر الطبيعية (1992)، **خرائط جيولويجية مقاييس (1:100000، 1:50000)** عمان، الأردن .

سلطة المصادر الطبيعية (1994)، **خرائط التراكيب الجيولوجية مقياس (1:65000)،** عمان، الأردن.

سلطة مياه الأردن، (2013)، **بيانات هيدرولوجية ومناخية،** عمان، الأردن.

سلطة مياه الأردن، (2013)، **الاستراتيجية الوطنية لقطاع المياه،** عمان، الأردن.

سلمان، اسحق (2009)، **تاريخ الطفيلة من أواخر الدولة العثمانية حتى استقلال المملكة الأردنية الهاشمية (1892- 1946)،** ط1، مطبعة السفير، عمان، وزارة الثقافة.

سليمان، دولة محمد أحمد (2002)، **الخصائص الهيدروجيوومورفولوجية وأثرها في مجال: دراسة مقارنة بين وادي عمارة منطقة بحري شمال السودان ووادي حائل منطقة حائل شمال المملكة العربية السعودية**، جامعة أفريقيا العالمية.

سنهوب، حمادي حمود أحمد (2006) **الموارد المائية في حوض صنعاء واستثمارها في الري**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة صنعاء، صنعاء، اليمن.

شحادة، نعمان (1987) . الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن، **دراسات** 50 (1).

شحادة، نعمان (1990)، **مناخ الأردن**، عمان، دار الشير للتوزيع.

شحادة، نعمان، (1983)، **المناخ العملي**، ط2، عمان، مطبعة النور النموذجية.

شرف، عبد العزيز (1985)، **الجغرافيا المناخية والنباتية**، ط1، القاهرة، دار الجامعات المصرية.

الشروق، علي (1988)، المصادر المائية في الأردن توفرها ونوعيتها وتوزيعها، **مجلة المهندس الزراعي**، العدد 63-64، جامعة مؤتة.

صبابحة، نوح (2013)، **تقييم احتمالية الحصاد المائي في حوض الجفر جنوب شرق الأردن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (R.S) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)**، أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن .

طعاني، ركاد (1999)، **مصادر المياه واستعمالاتها في الأردن**، تقرير داخلي غير منشور، سلطة المياه، عمان، الأردن .

طعاني، ركاد، (1997)، **الخبرة الأردنية في تطوير وإدارة مصادر المياه**، تقرير داخلي غير منشور، سلطة المياه، عمان، الأردن .

طه، صهيب وحسن خضر (2005) **بناء أنموذج جغرافي للجريان المائي السطحي في الجزء الشمالي من منطقة الجزيرة / العراق**، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

عابد، عبد القادر، (2009)، **جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه**، ط2، عمان: نقابة الجيولوجيين الأردنيين.

العبيدي، باسم (2011) دراسة نوعية ومقدار المياه الجوفية في محافظة الانبار وصلاحيتها للاستخدامات البشرية والزراعية، **مجلة جامعة النهرين**، المجلد 14، العدد 1، ص 1– 16، العراق

العطيات، احمد، (1995)، **البيئة وعلم النبات**، المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا.

العلاف، رضوان ،(2007)، **انتخاب مواقع لإنشاء سدود صغيرة في حوض وادي القصب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)**، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

عناب، رضا (2006) **تقدير خطر التعرية في حوض تيمقاد وأثرها على سد كدية مداور- مقاربة متعددة المعايير**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة العقيد الحاج لخضر، الجزائر، الجزائر.

عواد، خالد (2001)، **استكشاف جيوفيزيائي للمياه الجوفية في حوض الحسا**، أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

عودة، سميح (2005)، **أساسيات نظم المعلومات الجغرافية**، عمان، دار المسيرة.

عويس، ذيب، وبيريز، ديتر، وحاجم، أحمد (2002) **حصاد المياه" تقانات تقليدية لتطوير البيئات الأكثر جفاف**، مطبوعة المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا)، حلب، سوريا.

فخيمي سامر، (1996)، **أزمة المياه في المنطقة العربية : الحقائق والبدائل الممكنة**، الكويت، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب.

الفرحان، يحيى – بحيري، صلاح الدين – أبو سفط، محمد، (1989)، **دراسات في جيومورفولوجية جنوب الأردن**، ط1، عمان، الجامعة الأردنية.

الفرحان، يحيى (1987) . **الاستشعار عن بعد وتطبيقاته**، ط1، عمان، الجامعة الأردنية .

قطيش، مها إبراهيم رجب (2007)، **التقييم الجيومورفولجي للأراضي في حوض وادي الحسا، جنوب الأردن،** أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

كراجغلي، احمد (2013)، شدة المطر وديمومته وتكراره في الأردن، **نشرة مهنية غير منشورة،** تشرين أول .

المحمود، حسن (2009)، التباين الشهري للتصريف وتأثيره على الحمولة النهرية الذائبة والملوحة في شط العرب (جنوب العراق) **المجلة العراقية للعلوم**، المجلد5، العدد 3، ص352-368.

المركز الجغرافي الملكي، (2012)، **مرئيات فضائية،** عمان، الأردن

مكتب الشامل للهندسة، 1998، **برنامج رصد ودراسة مصادر مياه شركة مناجم الفوسفات الأردنية،** عمان.

المناصير، عطا، (2012) **الأمن المائي الأردني** : التحديثات والإخطار، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الشرق الأوسط، عمان، الأردن.

وزارة الزراعة (1994)، المشروع **الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي، المستوى الثاني،** عمان، الأردن.

وزارة الزراعة (1995)، **المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي المستوى الخامس،** عمان، الأردن .

وزارة الزراعة، (1993)، **المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي، السنوي الأول،** عمان .

وزارة المياه والري (2004)، **الكتاب السنوي العام،** عمان، الأردن.

وزارة المياه والري (2010)، **بيانات هيدرولوجية ومناخية** ، عمان، الأردن.

وزارة المياه والري (2011)، **تصريف الينابيع،** عمان، الأردن.

وزارة المياه والري، (2008)، **استراتيجية المياه،** عمان، الأردن.

وزارة المياه والري (مديرية السدود)، (2012)، **منشورات وبيانات هيدرولوجية**، عمان، الأردن.

وزارة المياه والري، (2013)، **الأجندة الوطنية / قطاع المياه: 2013–2020**، عمان الأردن.

الوكيل، محمد (2013) جودة مياه الري، **دورية العلوم البيئية والتكنولوجية**، مصر، المنصورة

ويلسون .أ.م وإريك مونتجمري (1982) **الهيدرولوجيا الهندسية**، ط1، ترجمة نزار علي سبتي، ولبيب خليل اسماعيل، العراق، جامعة البصرة.

المراجع الأجنبية :

Abu – Saleem, A. Hane (2009), **Estimation of water balance Components in the Hasa Basin With Gis Based – Wetspss model**, Degree of Master of science in water recourses management and Environmental, Al- Balqa applied University, Amman,Jordan .

Al.balawi. falah arqoub. (2003) **Hydrological and hydrogeological study of wadi wala catchments area** , degree of master , university of Jordan, Amman, Jordan .

Amireh, B. S., (1993) , New occurrences of the Disi Sandstone Formation (Eariy Ordovician) in central Jordan . **Dirasat ,** 20B, 21-44.

Amireh, B.S., (1997) Sedimentology and palaeogeography of the regressive-transgressive Kurnub Group (early Cretaceous) of Jordan . **Sedimentary Geology** 112, 69-88.

Amireh, B.S. Schneider , W., & Abed , A. M., (1994) . Diagenesis and burial history of the Cambrian – Cretaceous sandstone series in jordan **. N. JB. Geol. Palaont. Mh**., 192, 151-181.

Arnold, J.G. Williams; J.R. and D.R. Maidment (1995). Continuous Time Water and Sediment – Routing Model for Large Basins . **J. of Hydraulic Engineering ,**121(2) ,p171-183**.**

Arnoldus HMJ. (1977). Predicting soil losses due to sheet and rill erosion. Land and water development division in Guidelines for watershed management FAO, **Rome**, 99-124.

Bauder, T.A.; R.M. Waskom; P.L. Sutherland and J.G. Davis (2013). Irrigation water quality Criteria. **Colorado State University Fact Sheet** No. 0.506**.**

Bender , F. (1974), **Geology of jordan** , Borntraeger , Berlin.

Bergsma E. (1986). Aspects of mapping units in the rain erosion hazard catchment survey. Siderius W. ed. Wageningen (Netherlands), No.40. In: International Workshop on Land Evaluation for Land-Use Planning and Conservation in Sloping Area. **Enschede (Netherlands)** 17-21:84-104.

Bruce, J. Clark .R (1980) **Introduction to Hydrometorolog** 4^{th} edition pergamon . P. Oxford.

Burdon, D.J., (1959), **Handbook of the Geology of Jordan** . Government of the Hashimite Kingdom of Jordan, Amman. Benham and company Limited Clochester.

El- Naqa, A. (1993) . Hydrological and hydrogeological characterisitics of wadi el mujib catchment areas Jordan , **journal Environmental Geology** , Vo 22 , No 3. 257-271.

El-Isa , Z. H. and Khaled , H. (1985), **Progress report on Crustal structure of Jordan deduced from deep seismic sounding** . Proc, 2^{nd}. Jord, Geol . Conf,. Amman, Jordan , 11-24.

Fipps ,G, (2003) , " **Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies** " Department of Agricultural Engineering , The Texas A&M University System , College Station , Texas .

Foody , P.m (2002) . Stouts of lord cover classification fixating Assessment, **Remote sensing of Environment** , Vo 180, pp 185-201.

Foster, GR, Yoder DC, Weesies GA, Mccool DK, Mcgregor KC, Bingner RL. (2003). **User"s Guide, Revised Universal Soil Loss Equation**, Version 2 RUSLE2, USDA Agricultural Research Service Washington, D.C. pp. 77.

Genxu, Wang, Guodong, Cheng, (1999) , water resource development – and its influence on the environment in arid areas of china- the case of the Hei River basin**, Journal of Arid Environments** , Vo 43 (121-131) , China.

Gleyzer , denisyuk , rimmer , A, salingary , y (2004) Afast recursive GIS algorithm for computing strahler stream order in braided and no braided networks , **Journal of the American water Resources Association** .

Japan international Coopertion Agency , (1990), **Water resources study of the jafr Basin** . Water Authority of Jordan.

Jenita , M.N. Zahid, H. (2011) Morphometric analysis of the manas river basin using earth observation data and geographical in formation system , **International journal of geometics and geosciences** , Vol 2 , No 2 . PP 647-654 , India.

Kumar . S. (1996) . **Hydrology and water Resources Engineering** ‹Delhi , India .

Kusre, B. C (2013) , Hypsometric analysis and watershed management of diyung watershed in north Eastern India, **Journal Geological society of India** , Vol 82 . PP 262-270, India.

Marsh , T.J, Anderson , J.l (2002), Assessing the water tesontces of scotland – Perspectives , progress and problems , **an international journal for scientific research into the environment and relationship with man** Vo 294, uk, .

Ministry of Agriculture . (1993) **National soil map and land Use project the soils of Jordan** , level 1 , Reconnaissance soil sutrey , volume 2 Jordan soilsurvey and lond Research centre.

Moumani , K. A., (1996 a) **Quaternary sediments of the jurf Ed Darawish area, Centra Jordan** . Unpubl. M. Phil., Wales Univ., Cardiff, Britain , 181 p.

Moumani , K.A., (1997) **Geology of the Al-Hussaynniay Al- janubiyya area map sheet 3151 II . NRA**, Mapping project Bull , 69p.

Nyssen J, Rossi J, Poesen J, Haile M, Moeyersons J, Deckers J. (2005). Sediment deposition and pedogenesis in exclosures in the Tigray highlands, **Ethiopia. Geoderma** (132) 3-4 :291-314

Onosemuode , C. Adetimirin, O, Aboderin , S (2010) Hydrological analysis of onitsha north east Drainage basin using geoin- formatic techniques , **world Applied Sciences journal** , Vol . 11 , No 10 PP: 1297-1302, Nigeria , Effuran.

Powell, J., (1989 a) **stratigraphy and sedimentation of the phanerozoic rocks in central and south Jordan** , Part A: Ram and Khreim Groups , Geol map . Div , Bull, 11 NRA, Amman , 92p.

Powell. J. (1988). **The Geology of the Clark area, map sheet No. 31521 II . Geology Directorate** , Natural Resources Authority, Amman , Jordan , Bulletin 8.

Qaseem, T. Mustafa (2003), **Structural and Geomorphic Evolution of wadi Al-Hasa – Jordan** , Degree of Doctor of Philosphyin Geology, University of Jordan .

Quennell , A. M. (1951) . **The geology and mineral resources of the (former) Trans Jordan** . Colonial Geology and Mineral Resources, London , 2:85-115.

Ramírez, J.A. (2000). **Prediction and Modeling of Flood Hydrology and Hydraulics**. Chapter 11 of Inland Flood Hazards: Human, Riparian and Aquatic Communities Eds. Ellen Wohl; Cambridge University Press.

Ranga . A (1994) . Application of remote sensing methods to hydrology and water resources , **journal Hydrological sciences** , Vo 39, No, 4 .

Raqhunath . H. (1986) . **Hydrolog principles** , Analysis and Design .

Rasool, Q, A , Vivek , K,S, Singh. U.C. (2011) The evaluation of Morphmetric characteristics of upper Subarnarekha watershed drainage basin using Geoinformatics as a tool Ranchi, Jharkhand , **International Journal of environmental sciences** , Vo 1 , No 7 . PP: 1924-1930,India .

Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC. 1997. **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).** U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, No. 703, pp.404.

Rinos. M. Aggarwal , S. and Silva, r. (2000) . **Application of remote sensing and GIS on soil erosion assessment at Beta River Basin**. India from : http//www.GIS-development.

Saad . A. and Ayed . R. (1989) . **Hydrological Study of Different wadies in Jordan** , Amman – Jordan .

Scherer, T.F., B. Seelig and D. Franzen. (1996). **Soil, water and plant characteristics important to irrigation**. NDSU Ext. Bull. EB-66.

Schuldenrein. J. (1988) , **Geomrophology and Straitigraphy of Prehistoric Sites along the Wadi al – Hasa**.

Strahler, A. N., (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. **Geophys**. Union, 38 (6): 913-920.

Subhash , C, (2011) , Morphometric analysis using GIS techniques : a case study of Valheri River basin , tributary of Tapi River in Nandurbar district (M.S) **International research Journal** , Vo 111, Issue 31,India .

Suleiman, A.(2006), **One Dimensional Soil Water Dynamics Model (SWDM-1D)** ,The Code of the SWDM-1 is Written By: Coleman,E. Qasem,M .Mohammad ,B,(Ayman.suleiman @ ju.edu.jo) .

Summerfield , M, A. (1991) . **Global Geomorphology : An introduction to the study of lodforms** , logman scientific & technical , Essex New York.

Ta'any . K (1992) **Hydrological and hydrochemical study of major springs in wadi sha'eib**. catchment - area , master of Science thesis, Alyarmok university , Irbid.

Tarawneh , B. (1996) . **The geology of the Al-Hisa (Al-Ina) map sheet No**. 3151 I. NRA . mapping project Bull.

Thiessen, A.H (1911) . **precipitation for large Areas monthly weather Rev**. Vol 39.

Thornthwaite , C.W and Mather , J.R (1957), **Instructions and Tables for Computing potential Evapotranspiration and Water Balance** Cenetron, Newjersy , USA, Laboratory of Climatology.

Thornthwaite, C.W and Mather , J.R. (1955), **The Water Balance, Publication in Climatology**, Cenetron, Newjersy , USA, Laboratory of Climatology,

Todd . D. (1980) **Ground Water Hydrology** , 2ed , John wileys and sons . Inc , New York . USA.

U.S.A, **Department of Interior and Water Quality Association**. (2011).Water Quality Bulletin. U.S. Department of Interior.

Usaid, Institute WDM in Jordan , (2010), **Development : Role of Remote sensing and Geography Information system**.

Wanielista. M (1990) , **Hydrology and water Quality control john wiley and Sons Inc**. USN .

Willimott, S.G., Gilchrist Shinlaw D.W., Smith , R.A., Birch , B.P. (1963), **The Wadi al Hassa Survey** , Jordan , University of Durham.

Wilson , E.M. (1990) **Engineering hydrology** 4th edition , EIBS/ macmilllan.

Wischmeier WH, Smith DD. (1959). **Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning**. Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC. 58pp .

Yusaf , W.W (1991) **Water and sediment load Quality of wadi Elwala floods** , M.S.c Thesis , University of Jordan , Amman , Jordan

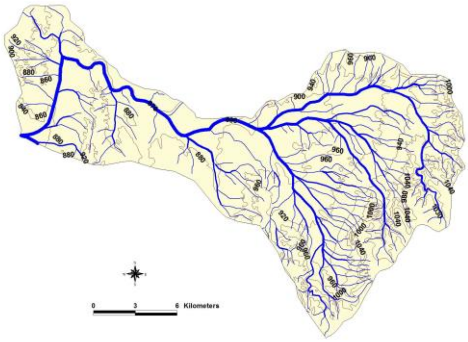
المواقع الالكترونية

http://fdem.aster.erdas.org.jp//.

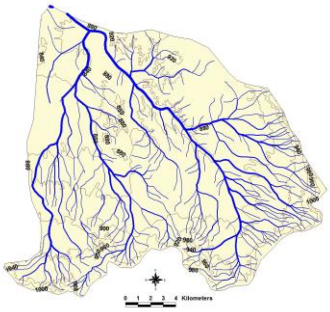
قائمة الملاحق



النباتات الطبيعية في حوض وادي الحسا



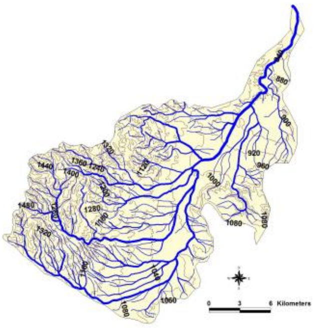
وادي النعضية



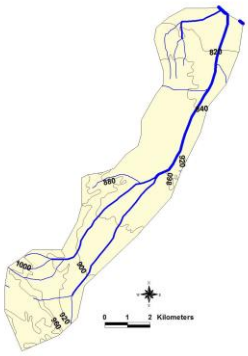
وادي الباعجة



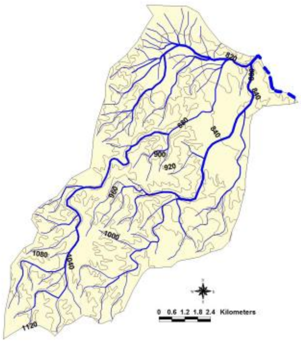
وادي الدميثة



وادي البهية



وادي الجرف / برما



وادي أبو الضباع





سد التنور





سد شيظم

أصناف التربة المستخدمة في تقدير انجراف التربة

التربة	بنائية التربة	النفاذية	نسبة المواد العضوية	الرمل الناعم (sand)	الطين (clay)	السلت (الطمي) (silt)	نسبة الرمل (sand)	عمق التربة	رطوبة التربة
silty loam(السلتية اللومية)	moder ate	medium	0	16.3	15.6	19.7	64.7	186	aridic
silty clay loam (اللومية الطينية السلتية	strong	low	0.8	5.9	44.7-31.4	49.7	18.9	164	xeric
sandy clay loam(الرملية	weak	high	0.3	8.5	20.6	28.2	51.2	76	aridic
loam(اللمومية)	strong	low	0.7	7.3	24.8	28.5	46.7	95-195	xeric
loamy sand(اللومية الرملية)	moder ate	medium	0.45	7.1	2.3	8.6	88.5	215	aridic
sandy loam(الرملية اللومية)	very weak	very high	0.2	13.9	12.2	38.6	64	20	aridic
clay loam(اللومية الطينية)	moder ate	medium	0.14	18.3	27-40	22.5-35	28.7% - 44.2%	138	aridic
silty clay (الغرينية الطينية)	strong	low	1.3	5.2	40-55	29-40	11.1-20	165	xeric





انجراف التربة

ASSESSMENT OF WATER RESOURCES AND THEIR EFFECT ON THE ENVIRONMENT IN WADI AL HASA USING GIS

By

Taleb Hamdallah AlMasarweh

Supervisor

Dr. Hassan Yousef Abu Samour, Prof.

Co - Supervisor

Dr. Samieh Odeh, Prof.

ABSTRACT

This study dealt with the water resources in a basin that dominated by the drought, through the study of rainfall and runoff and discharge of springs, estimate water balance. Chemical analyzes of the samples from the water springs from Wadi Al Hasa basin were conducted , to learn about the adequacy and appropriateness of the population in the study . In addition, the study focused on the Environmental effects resulting from the development of water resources, The study has focused on three of the environmental effects: salinity, soil erosion, and changes in land cover.

This study is relied on geographic information system, to produce the necessary maps for this study, and identify water harvesting sites, and monitoring land cover changes, also a climate data and flood analysis was made for the period between 1980- 2010. Thornthwait model was used to estimate the water balance and identify excess and deficit areas in the

basin. The study relied on field tests of soil samples, and used it to estimate soil erosion, using the estimate soil loss equation (Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).

And the study found that the rate of rainfall on the basin during the registration period about (274.22 MM^3/year) , fluctuation was observed in the annual rainfall and different amounts from one month to another

The total volume of flooding was about (12.6MM^3/ year) representing (4.4%) of rainfall amount with a variation in the coefficient values of the flood and flood discharge quantities from one year to another.

And the amount of the base flow reached around (26.19 MM^3 / year) and the size of evaporation was estimated about (261.19 MM^3 / year) representing (95%) of the rainfall amount.

Sandy soil is about (77.5%) of the basin area which distinguishes the basin configurations as high permeability, where there is in the basin about 31 springs, and there discharged rate about (3.2 MM^3/ year). The study showed that most of the region suffer from water shortage. the study relied on topographic , geological, and rain maps of the basin and schemes roads, to determine the water harvesting sites, the study concluded that the best sites for the construction of dams should be on the mainstream, to reserve the largest water runoff, and at the lowest surface area .

The results of chemical analyzes showed that groundwater according to Jordanian and international standards was unfit for drinking, household uses while fit for agricultural purposes

The total area of agricultural land around (71.380) acres, which needs about (18.5 MM^3 / year) for irrigation. The estimated amount of water consumption for drinking and household purposes in 2009 about (317.229 m^3) with a population of (36 096) people .

The study also showed that the soil of the basin suffers from medium to very severe salinity, that means (54.13%) due to natural conditions and low feed rate for (23.37%) of the basin area .

And about (5.53%) of the basin area is exposed to devastating erosion, and (36.4%) of the basin area is exposed to high and medium erosion, raising the load of sediment and its impact on water installations. The study showed that the region is suffering from deterioration in its lands, reaching the barren land ratio (49.6%) of the basin area in 2010,with increase rate (2.38%) between 1953 and 2010. The pastoral area did not exceed (7.82%) of the basin area in 2010.